



Buchreihe Elektronik **2**

O. Kilgenstein

35 Halbleiter-Schaltungen


TOPP
Buchreihe Elektronik 2

O. Kilgenstein

35 Halbleiter-Schaltungen

Verlag Frech Stuttgart

Die in diesem Band wiedergegebenen Schaltungen sind ausschließlich für Amateurzwecke bestimmt. Es kann keine Gewähr dafür übernommen werden, daß die hier gebrachten Schaltungen frei von Patentrechten Dritter sind. Bei gewerblicher Nutzung ist also vorher die Genehmigung des Lizenzinhabers einzuholen.

Sofern Schaltungen mit Netzspannung arbeiten, müssen unbedingt die entsprechenden VDE-Vorschriften beachtet werden.

ISBN 3-7724-0289-5

Verlag und Druckerei M. Frech Stuttgart
Druck: Frech Stuttgart

Inhalt

Verzeichnis der Hersteller:

Abkürzung:	Name und Adresse:
I	Intermetall (SEL), Freiburg
S	Siemens-AG
T	AEG-Telefunken
V	Valvo-GmbH, Hamburg
Vac	Vacuumschmelze, Hanau
TI	Texas-Instruments, 805 Freising, Angerstr. 48
Sie	Siegert, Cadolzburg
Au	Austerlitz-Elektronik, Nürnberg Ludwig-Feuerbach-Str. 38
Hei	Heimann-GmbH, 62 Wiesbaden-Dotzheim, Weher Köppel 6
Buh	Buhmann, 745 Hechingen
GE	General Elektric, Vertreter: Neumüller & Co., 8021 München-Taufkirchen, Eschenstr. 2
NS	National Semiconduktor, Vertreter: Sasco-GmbH, 8011 Putzbrunn b. München, Hermann-Oberth-Str. 16
TAG	Transistor-Bau- und Vertriebs-GmbH 75 Karlsruhe-Durlach, Strählerweg 57

Vorwort

Durch die anhaltend rasche Änderung der Technik gerade auf dem Gebiet der Elektronik war wieder eine Neubearbeitung notwendig geworden. Viele der bisherigen Schaltungen wurden zwar im Thema beibehalten, aber weitgehend auf moderne Integrierte Schaltkreise umgestellt. Dies hat den großen Vorteil, daß einfach aufzubauende Schaltungen mit nur wenigen zusätzlichen Bauelementen entstanden sind, die noch dazu oft wesentlich bessere Ergebnisse als die alten Schaltungen mit Einzelhalbleitern liefern. Alle gebrachten neuen Schaltungen wurden vom Verfasser aufgebaut und durchgemessen, damit es beim Nachbau keine Schwierigkeiten geben kann. Als Unterlagen dienten weitgehend Schaltungsvorschläge der Industrie. Wo es notwendig erschien oder ein besonderer Effekt erzielt werden konnte, wurden diese Schaltungen noch entsprechend umgewandelt. Der angegebene Spannungsbereich bedeutet, daß die betreffende Schaltung innerhalb dieses Bereiches der Betriebsspannung ohne Einschränkung gleich gut arbeitet. Wo nur eine bestimmte Spannung und in Klammern ein weiterer Bereich angegeben wurde, soll dies bedeuten, daß die angegebene Spannung möglichst einzuhalten ist, aber die Schaltung auch bei anderen Werten unter der Voraussetzung (die jeweils angegeben wurde) der Einstellung bestimmter Größen arbeitet. Sofern bestimmte Potentiale angegeben wurden, gelten diese für die angegebene Spannung. Für die Spannungsmessungen wurde ein hochohmiges Gleichspannungsvoltmeter mit einem Innenwiderstand von mindestens 10 MΩ verwendet; geeignet ist z.B. das Meßgerät nach Schaltung 5.

Bei den Halbleiterbauelementen und Spezialteilen wurden die Hersteller mit einem Kurzzeichen angegeben; in einem Verzeichnis am Ende des Inhaltsverzeichnisses ist eine Aufschlüsselung mit Adresse enthalten.

Schaltung 1

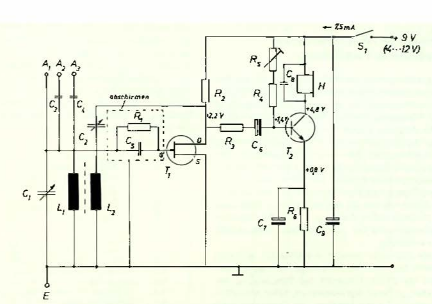
Transistor-Taschenempfänger mit Feldeffektaudion

Die hier gezeigte Schaltung arbeitet in der ersten Stufe als Audion mit einem Feldeffekttransistor T 1. Durch den sehr hohen Eingangswiderstand dieses Transistors wird der Schwingkreis praktisch nicht gedämpft, so daß eine volle Ankopplung möglich ist. Damit werden Empfindlichkeitsverluste durch die bei anderen Transistoren nötige Teilankopplung an den Schwingkreis vermieden. Die Antenne wird wahlweise an die Buchsen A 1 bis A 3 angeschlossen, wobei ein Draht von $^1/_4$ bis $^1/_2$ m Länge genügt. In der Nähe eines Senders reicht die Ferritantenne allein aus. Die Empfangsleistung ist so gut, daß praktisch überall bereits am Tage mehrere Sender zu empfangen sind; nach Einbruch der Dunkelheit steigt die Anzahl der zu empfangenden Sender noch beträchtlich.

Nach der Demodulation und Verstärkung in der ersten Stufe (T 1) wird das NF-Signal nochmals in der zweiten Stufe (T 2) weiter verstärkt. Der Arbeitspunkt von T 2 ist dabei mit R 5 so einzustellen, daß am Kollektor etwa die halbe Batteriespannung liegt. Steht kein Meßgerät zur Verfügung, so wird R 5 bei größter Lautstärke auf geringste Verzerrungen eingeregelt.

Stückliste zu Schaltung 1

C 1	Drehkondensator 500 pF (Min.-Ausführung) Siehe hierzu auch Schaltung 16.
C 2	Drehkondensator ca. 180 pF (Min.-Ausführung)
C 3	Keramikkondensator 30 pF
C 4	Keramikkondensator 6 pF
C 5	Styroflexkondensator 220 pF
C 6	Elko (Tantal) 1,5 μF/10 V
C 7	Elko 50 μF/6 V
C 8	Keramikkondensator 10 nF/20 V
C 9	Elko 250 μF/15 V
L 1	Ferritantenne, Induktivität: 0,2 mH (41 Wdg. 0,5 mm Ø CuL, Kern 9 x 20 x 120 mm)
L 2	Rückkopplungswicklung, neben L 1 gewickelt (6 Wdg. 0,2 mm CuL)
R 1	Kohleschichtwiderstand 3,3 MΩ/$^1/_4$ W
R 2	Kohleschichtwiderstand 1,0 kΩ/$^1/_4$ W
R 3	Kohleschichtwiderstand 500 Ω/$^1/_4$ W
R 4	Kohleschichtwiderstand 1 MΩ/$^1/_4$ W
R 5	Trimmpoti 1,5 MΩ/$^1/_4$ W
R 6	Kohleschichtwiderstand 680 Ω/$^1/_4$ W
S 1	einpoliger Ausschalter
T 1	N-Kanal-Feldeffekttransistor BF 245 (TI)
T 2	npn-Si-Planartransistor BC 109 C bzw. BC 108 C (S, T, V, I)
H	Kopfhörer mit Ri = 2 ... 4 kΩ



Ist der Feldeffekttransistor BF 245 nicht zu beschaffen, so kann hierfür jeder andere n-Kanal-Typ mit einem maximalen Drainstrom I_{DSS} von 10 mA verwendet werden. Bei kleineren Stromwerten als 10 mA ist der Widerstand R 2 im gleichen Verhältnis zu erhöhen. Die Verwendung von Feldeffekttransistoren mit einem höheren Stromwert I_{DSS} hat wegen des zu hohen Stromverbrauchs keinen Sinn.

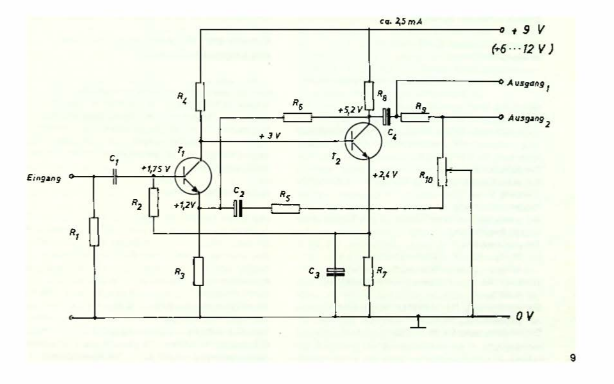
Hochwertiger NF-Vorverstärker mit regelbarer Verstärkung

Diese Schaltung stellt einen NF-Vorverstärker dar, der bei Eingangsspannungen zwischen 6,5 mV und 120 mV eine Ausgangsspannung von max. 0,5 V (Ausgang 2) bzw. 1 V (Ausgang 1) liefert. Das Potentiometer R 10 wirkt für Ausgang 2 sowohl durch veränderbare Teilung der Ausgangsspannung wie auch durch Änderung der Gegenkopplung. Bei Ausgang 1 wirkt R 10 nur noch durch die Änderung der Gegenkopplung. Die beiden Ausgänge unterscheiden sich dabei dadurch, daß Ausgang 2 ganz zugeregelt werden kann, aber auch in seiner Spannung von der angeschlossenen Belastung abhängt. Dafür liefert Ausgang 1 etwa die doppelte Ausgangsspannung bei sehr geringer Abhängigkeit von der Belastung.

Der erste Transistor arbeitet aus Gründen geringen Rauschens bei einem Kollektorstrom von ca. 0,1 mA, während der zweite Transistor zur Verarbeitung der verstärkten, größeren Signalspannung einen Kollektorstrom von ca. 2,4 mA benötigt. Die Gegenkopplung erfolgt sowohl durch R 3 in der ersten Stufe wie auch noch durch R 6 vom Ausgang der zweiten Stufe zur ersten Stufe zurück. Da die Basisvorspannung der ersten Stufe – und durch die direkte Kopplung der beiden Transistoren damit auch die Basisvorspannung der zweiten Stufe – vom Emitterwiderstand der zweiten Stufe abgenommen wird, ist die Schaltung weitgehend unabhängig von Schwankungen der Temperatur und der Betriebsspannung. Sie arbeitet deshalb auch gleich gut bei Spannungen zwischen 6 ... 12 V mit der einen Einschränkung, daß die Verzerrungen bei 6 V Batteriespannung geringfügig zunehmen. Die in der Schaltung eingetragenen Potentiale beziehen sich auf die Sollspannung von 9 V.

Stückliste zu Schaltung 2

T 1	npn-Si-Transistor BC 149 C (BC 109 C, BC 169 C) (S, T, V)
T 2	npn-Si-Transistor BC 148 B (BC 107 ... 169, B oder C) (S, T, V)
C 1	Kondensator (ker. oder Styroflex) 0,1 μF/30 V
C 2	Elko 220 μF/10 V
C 3	Elko 250 μF/10 V
C 4	Elko 10 μF/12 V
R 1	Kohleschichtwiderstand 47 kΩ/¼ W
R 2	Kohleschichtwiderstand 1,6 MΩ/¼ W
R 3	Kohleschichtwiderstand 10 kΩ/¼ W
R 4	Kohleschichtwiderstand 62 kΩ/¼ W
R 5	Kohleschichtwiderstand 620 Ω/¼ W
R 6	Kohleschichtwiderstand 100 kΩ/¼ W
R 7	Kohleschichtwiderstand 1 kΩ/¼ W
R 8	Kohleschichtwiderstand 1,5 kΩ/¼ W
R 9	Kohleschichtwiderstand 15 kΩ/¼ W
R 10	Potentiometer log. 25 kΩ/¼ W


ca. 2,5 mA
+ 9 V
(+6 ··· 12 V)
Ausgang 1
Ausgang 2
R4
R6
R8
R9
+5,2 V
C4
+ 3 V
T1
T2
C1
+1,75 V
Eingang
+2,4 V
R10
C2
R5
R2
+1,2V
R1
R3
C3
R7
0 V

Eigenschaften der Schaltung 2:

Eingangswiderstand: 50 kΩ
Ausgangswiderstand:
  Ausgang 1: ca. 1,5 kΩ
  Ausgang 2: ca. 10 kΩ, abhängig von der Einstellung von R 10
Belastung des Ausganges:
  Ausgang 1: minimal 5 kΩ, max. ca. 100 pF
  Ausgang 2: größer 50 kΩ, sofern nicht Rückgang der Ausgangsspannung uninteress.; max. 50 pF
Ausgangsspannung:
  max. 0,5 V an Ausgang 2 und max. 1 V an Ausgang 1
Eingangsspannung:
  einstellbar zwischen 6,5 bis 120 mV für max. Ausgangsspannung
Frequenzbereich:
  30 Hz ... 100 kHz, Abfall < 5 %
  40 Hz ... 20 kHz, Abfall < 2 %
Klirrfaktor für U_{max} (Ausgang 1 bzw. Ausgang 2) $\leqq$ 0,2 %
Geräuschabstand (lin. gemessen) U_{eing} = 6,5 mV : $\geqq$ 60 dB; U_{eing} = 100 mV : $\geqq$ 80 dB
Batteriespannung: 9 V (6 ... 12 V)

Schaltung 3

Eisenloser NF-Leistungsverstärker mit Kurzschlußschutz

Da die Ausgangstransformatoren relativ teuer und schwer sind, werden heute moderne NF-Leistungsverstärker durchwegs in eisenloser Schaltungstechnik ausgeführt. Durch die Verwendung komplementärer Typen in der Endstufe ergibt sich automatisch eine gegenphasige Ansteuerung, da immer nur ein Endtransistor in Betrieb ist.

Schaltungsbeschreibung:

Das Eingangssignal wird über R 1 und C 1 dem ersten Transistor T 1 zugeführt. Diese RC-Kombination im Eingang verhindert ein eventuelles Schwingen des ersten Transistors, wenn lange Zuführungsleitungen vorhanden sind. Der Transistor T 1 wird in Kollektorschaltung betrieben, verstärkt also nicht. Es ergibt sich aber damit ein hoher Eingangswiderstand von ca. 500 kΩ, so daß eine geringe Belastung des ansteuernden Generators (z.B. Mikrofon, Vorverstärker usw.) erfolgt. Über C 5 wird die NF-Spannung dem Lautstärkeregler R 6 zugeführt, mit dem die gewünschte Ausgangsleistung eingestellt werden kann. Das Potentiometer R 5

dient im Zusammenhang mit C 4 zur Beschneidung der hohen Frequenzen. Der Transistor T 2 verstärkt die NF-Spannung. Er ist sowohl mit R 12 wie auch vom Ausgang her über R 11, R 13 und C 9 gegengekoppelt, um einen geringen Klirrfaktor zu erhalten.

Nach dem Verstärkertransistor T 2 folgt eine weitere Verstärkerstufe mit T 3, die als Treiberstufe die vom Endverstärker benötigte Eingangsleistung bereitstellt. Da der Treibertransistor T 3 mit den beiden Endtransistoren T 6 und T 7 direkt gekoppelt ist, beeinflußt dessen Arbeitspunkt auch die Einstellung der Endstufe. Mit dem Trimmpotentiometer R 14 wird die Mittenspannung (zwischen R 21 und R 22) ohne Eingangssignal bzw. bei zugedrehtem Lautstärkeregler R 6, auf die halbe Batteriespannung (hier 4,5 V) eingestellt. Diese Einstellung ändert sich auch bei abweichender Batteriespannung praktisch nicht. Das vom Treibertransistor T 3 gelieferte Signal wird nun von den beiden Endtransistoren T 6 und T 7 weiter verstärkt, wobei T 6 nur die positive Halbwelle und T 7 nur die negative Halbwelle verarbeitet. Durch die Speicherfähigkeit des großen Koppelkondensators C 12 werden beide Halbwellen wieder zusammengesetzt und dem Lautsprecher L zugeführt. Da die Endstufe in Kollektorschaltung betrieben wird, ist deren Innenwiderstand sehr klein, wodurch Lautsprecherresonanzen wirksam bedämpft werden. Der Arbeitspunkt der in B-Betrieb arbeitenden Endstufe wird mit R 19 so eingestellt, daß (ohne Signalansteuerung!) ein Ruhestrom – gemessen in der Kollektorleistung von T 6 – von ca. 8 mA fließt. Über C 11 und R 16 ist die Endstufe in sich nochmals gegengekoppelt. Die Diode D 1 sorgt für den richtigen Arbeitspunkt der Endtransistoren bei schwankender Versorgungsspannung; der Heißleiter R 18 stabilisiert gegen Änderungen in der Umgebungstemperatur.

Die Transistoren T 4 und T 5 dienen zum Schutz der Endtransistoren gegen Kurzschluß in der Leitung zum Lautsprecher. Ist ein solcher Kurzschluß mit Sicherheit ausgeschlossen, können diese Transistoren (einschließlich der Widerstände R 20 und R 23) auch weggelassen werden. Der Kurzschlußschutz arbeitet folgendermaßen: Wenn durch einen äußeren Kurzschluß bei gleichzeitig großer Ansteuerung der in den Endtransistoren fließende Strom zu groß wird, würden diese Transistoren T 6 und T 7 durch Überlastung gefährdet. Erreicht nun der Spannungsabfall an R 21 bzw. R 22 den Schwellwert eines Si-Transistors von ca. 0,55 ... 0,6 V, so leiten die beiden Transistoren T 4 und T 5 und schließen damit die Ansteuerspannung der beiden Endtransistoren kurz. Hiermit wird der maximale Kurzschlußstrom auf einen ungefährlichen Wert begrenzt. Die Widerstände R 21 und R 22 sind so dimensioniert, daß auch bei maximaler Ansteuerung der Kurzschlußschutz gerade noch nicht anspricht.

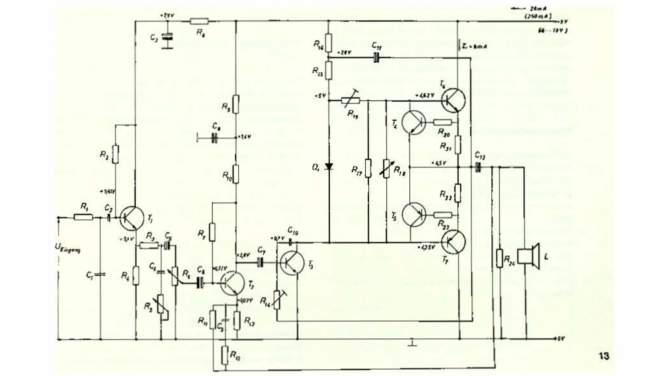
Bei Änderung der Betriebsspannung im angegebenen Bereich bleibt die Ausgangsleistung durch die starken

Stückliste zur Schaltung 3

C 1	Keramikkondensator 100 pF/30 V
C 2	Keramikkondensator 100 nF/30 V
C 3	Elekrolytkondensator 100 µF/25 V
C 4	Keramikkondensator 10 nF/30 V
C 5	Elektrolytkondensator 1 µF/25 V
C 6	Elektrolytkondensator 1 µF/25 V
C 7	Elektrolytkondensator 50 µF/25 V
C 8	Elektrolytkondensator 100 µF/25 V
C 9	Keramikkondensator 10 nF/30 V
C 10	Keramikkondensator 470 pF/30 V
C 11	Elektrolytkondensator 250 µF/25 V
C 12	Elektrolykondensator 2500 µF/12 V
D 1	Si-Z-Diode 0,7 V BZY 87, BZX 55/COV 6, Z 1, ZG 1 (T, S, I)
R 1	Kohleschichtwiderstand 1 kΩ/$^1/_4$ W
R 2	Kohleschichtwiderstand 2,2 MΩ/$^1/_4$ W
R 3	Kohleschichtwiderstand 10 kΩ/$^1/_4$ W
R 4	Kohleschichtwiderstand 22 kΩ/$^1/_4$ W
R 5	Potentiometer 50 kΩ/$^1/_4$ W lin.
R 6	Potentiometer 50 kΩ/$^1/_4$ W log.
R 7	Kohleschichtwiderstand 470 kΩ/$^1/_4$ W
R 8	Kohleschichtwiderstand 4,7 kΩ/$^1/_2$ W
R 9	Kohleschichtwiderstand 1 kΩ/$^1/_4$ W
R 10	Kohleschichtwiderstand 2,2 kΩ/$^1/_4$ W
R 11	Kohleschichtwiderstand 1 kΩ/$^1/_4$ W
R 12	Kohleschichtwiderstand 47 Ω/$^1/_4$ W
R 13	Kohleschichtwiderstand 470 Ω/$^1/_4$ W
R 14	Trimmpoti lin 100 kΩ/$^1/_4$ W
R 15	Kohleschichtwiderstand 160 Ω/$^1/_2$ W
R 16	Kohleschichtwiderstand 68 Ω/$^1/_2$ W
R 17	Kohleschichtwiderstand 220 Ω/$^1/_4$ W
R 18	Heißleiter 50 Ω/K 15 (S)
R 19	Trimmpoti lin 100 Ω/$^1/_4$ W
R 20	Kohleschichtwiderstand 82 Ω/$^1/_4$ W
R 21	Kohleschichtwiderstand 0,68 Ω/$^1/_2$ W
R 22	Kohleschichtwiderstand 0,68 Ω/$^1/_2$ W
R 23	Kohleschichtwiderstand 82 Ω/$^1/_2$ W
R 24	Kohleschichtwiderstand 470 Ω/$^1/_4$ W
L	Dyn. Lautsprecher 3 W 3,5 ... 5 Ω
T 1	npn-Si-Transistor BC 109, 149, 169 (S, T, V)
T 2	npn-Si-Transistor BC 107 ... 169 (S, T, V)
T 3	npn-Transistor BSY 71, BSY 44, BSX 75, BSX 45 mit Kühlstern (S, T)
T 4	npn-Si-Transistor BC 107 ... 169 (S, T, V)
T 5	pnp-Si-Transistor BC 177, BC 178 o. ä. (T, V)
T 6	npn-Ge-Leistungstransistor AC 187 K bis 9 V, AD 161 ab 12 V Batt.-Spg.
T 7	pnp-Ge-Leistungstransistor AC 188 K bis 9 V, AD 162 ab 12 V Batt.-Spg.

Die zugehörigen Leistungstransistoren AC 187 k/AC 188 K bzw. AD 161/AD 162 jeweils gepaart.

T 6, T 7 auf Kühlkörper (Therm. Widerst. Rth ≦ 10 W/° C)



28 mA
(250 mA)
9 V
(6 … 12 V)
+7,3 V
C_3
R_8
R_{16}
+2,8 V
C_{11}
I_r = 8 mA
R_{15}
+5 V
R_{19}
T_6
+4,62 V
T_4
R_{20}
R_9
C_8
+7,4 V
R_{21}
C_{12}
D_1
R_{17}
R_{18}
+4,5 V
R_3
R_{10}
R_{22}
+5,65 V
R_1
C_2
T_1
T_5
R_{23}
R_7
C_{10}
+0,7 V
+5,1 V
R_2
C_5
+4,35 V
$U_{Eingang}$
C_7
+2,8 V
T_7
C_4
R_6
C_6
0,71 V
T_3
R_{24}
L
C_1
R_4
T_2
R_{14}
0,07 V
R_5
R_{11}
C_9
R_{12}
0 V
R_{13}

Gegenkopplungen praktisch gleich. Es muß nur beachtet werden, daß bei geringer Betriebsspannung die max. mögliche Ausgangsleistung geringer ist als bei der höchsten Spannung. Es muß dann R 6 entsprechend zugedreht werden, damit keine zu großen Verzerrungen entstehen. Irgendwelche Beschädigungen können hierdurch nicht auftreten.

Eigenschaften der Schaltung 3:

Batteriespannung	6 V	9 V	12 V	18 V
Ausgangsleistung: (Klirrfaktor ≦ 2 %)	0,5	1,2	1,8	2,4 W
Eingangsspannung für volle Ausgangsleistung und aufgedrehten Lautstärkeregler:	140	190	230	250 mV
Eingangsspannung für Ausgangsleistung 50 mW	35	35	35	35 mV
max. Kurzschlußstrom:	400	450	500	600 mA

Belastungswiderstand: 3,5 ... 5 Ω

Frequenzgang der Ausgangsspannung: ≦ 10 % zwischen 30 Hz ... 15 kHz

Schaltung 4

Transistor-Testgerät

Es besteht häufig das Bedürfnis, durch eine einfache Messung festzustellen, ob der zu verwendende Transistor noch in Ordnung ist. Hierzu genügt im allgemeinen die Messung der Gleichstromverstärkung, das Feststellen eines etwaigen Kurzschlusses, sowie die Messung des Reststromes. Um bei versehentlich falscher Polung der Batteriespannung den zu messenden Transistor nicht zu gefährden, wird hier nur eine Batteriespannung von 4,5 V verwendet. Zur Prüfung von Transistoren der verschiedensten Gehäuse und unterschiedlichsten Reihenfolge der Anschlüsse ist es zweckmäßig, mehrere Transistorfassungen anzubringen.

Nach dem Einsetzen des Transistors in die richtige Fassung darf zunächst kein Strom oder nur ein kleiner Reststrom (≦ 1 mA) fließen. Dieser Reststrom ist allerdings nur bei größeren Ge-Transistoren zulässig, bei Si-Transistoren darf kein feststellbarer Reststrom vorhanden sein. Ist ein größerer Ausschlag am Instrument zu sehen, so ist entweder der Transistor defekt oder es ist der Umschalter S 2 falsch gepolt. Geht der Ausschlag des Instrumentes beim Drücken der Taste Ta auf Null zurück, so war S 2 falsch eingestellt gewesen.

Durch diese einfache Prüfung kann man also bei unbekannten Transistoren feststellen, ob ein pnp- oder npn-Typ vorliegt. Nach richtiger Stellung von S 2 muß beim Drücken der Taste ein gut sichtbarer Ausschlag am Instrument zu sehen sein. Man beginnt zunächst in der Stellung „10 µA" von S 1 und schaltet dann, wenn der Ausschlag weniger als 0,5 mA betrug, auf den Bereich „100 µA" um. Aus dem Quotienten des abgelesenen Kollektorstromes zum eingestellten Basisstrom ergibt sich direkt die Stromverstärkung.

In der 3. Stellung von S 1 kann der Reststrom I_{CEo} gemessen werden, da dann beim Drücken der Taste die Basis offen ist.

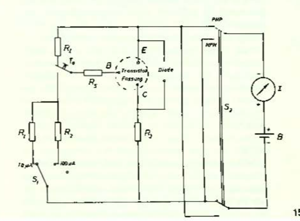
Stückliste zu Schaltung 4

B Batterie 4,5 V
I Drehspulinstrument 5 mA Vollausschlag
R 1 Kohleschichtwiderstand 390 kΩ/$^1/_8$ W
R 2 Kohleschichtwiderstand 39 kΩ/$^1/_8$ W
R 3 Kohleschichtwiderstand 820 Ω/$^1/_4$ W
R 4 Kohleschichtwiderstand 7,5 kΩ/$^1/_8$ W
R 5 Kohleschichtwiderstand 100 Ω/$^1/_8$ W
S 1 Drehschalter mit 3 Stellungen
S 2 Umschalter 2-polig
T a Drucktaste mit Umschaltkontakt
verschiedene Fassungen

Bei einem Ausschlag größer als 4,5 mA ist keine Beurteilung der Stromverstärkung mehr möglich, da der maximal fließende Kurzschlußstrom durch R 3 auf 5 mA begrenzt wird.

Der Widerstand R 5 verhindert ein wildes Schwingen von HF-Transistoren.

In gleicher Weise können auch Dioden auf ihr Durchlaß- und Sperrverhalten geprüft werden, wobei zweckmäßigerweise extra Buchsen parallel zu den Anschlüssen C und E angebracht werden.

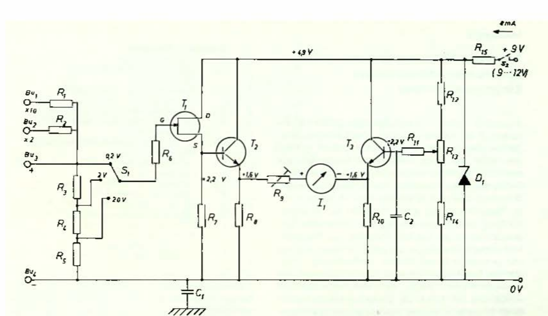


Hochohmiges Transistorvoltmeter

Soll eine Spannungsmessung in hochohmigen Kreisen ein richtiges Ergebnis zeigen, so muß der Eingangswiderstand des Voltmeters sehr viel größer als der Innenwiderstand des Meßobjektes sein. Dies wurde hier durch die Verwendung eines Feldeffekt-Transistors in der Eingangsstufe erreicht. Um keine Störungen durch die endlichen Isolationswiderstände zu bekommen, darf die Schaltung auch nicht allzu hochohmig sein. Der Mindesteingangswiderstand bei Anschluß an Buchse Bu 3 beträgt 22 MΩ für die Spannungsmeßbereiche 0,2 V, 2 V und 20 V. Im allgemeinen wird damit der interessierende Bereich für Halbleiterschaltungen überstrichen. Soll noch hochohmiger gemessen werden, dann ist an Anschluß Bu 2 die Anzeige mit dem Faktor 2 zu multiplizieren bei einem Eingangswiderstand von 44 MΩ; für Buchse 1 beträgt der Multiplikationsfaktor 10 bei einem Eingangswiderstand von 220 MΩ. Um eine Unabhängigkeit der Anzeige von der Batteriespannung zu bekommen, wurde die Spannung mittels der Z-Diode D 1 stabilisiert. Mit R 9 wird der Vollausschlag in einem Meßbereich mit Hilfe eines geeichten Voltmeters einmalig eingestellt; vor dem Messen oder bei längeren Meßreihen ist dann nur noch

Stückliste zu Schaltung 5

C 1	Kunstfolienkondensator 0,47 µF/100 V
C 2	Kunstfolienkondensator 0,1 µF/100 V
D 1	Z-Diode ZPY 5,6 (ITT)
I 1	Drehspulmeßwerk 100 µA Vollausschlag; Ri 3 kΩ
R 1	Kohleschichtwiderstand 200 MΩ/¹/₄ W/1 %
R 2	Kohleschichtwiderstand 22 MΩ/¹/₄ W/1 %
R 3	Kohleschichtwiderstand 20 MΩ/¹/₄ W/1 %
R 4	Kohleschichtwiderstand 2 MΩ/¹/₄ W/1 %
R 5	Kohleschichtwiderstand 220 kΩ/¹/₄ W/1 %
R 6	Kohleschichtwiderstand 1 MΩ/¹/₄ W
R 7	Kohleschichtwiderstand 6,8 kΩ/¹/₄ W
R 8	Kohleschichtwiderstand 2,2 kΩ/¹/₄ W
R 9	Trimmpoti 5 kΩ/¹/₄ W
R 10	Kohleschichtwiderstand 2,2 kΩ/¹/₄ W
R 11	Kohleschichtwiderstand 15 kΩ/¹/₄ W
R 12	Kohleschichtwiderstand 8,2 kΩ/¹/₄ W
R 13	Potentiometer 5 kΩ/¹/₄ W lin
R 14	Kohleschichtwiderstand 8,2 kΩ/¹/₄ W
R 15	Kohleschichtwiderstand 500 Ω/¹/₄ W
S 1	Einpoliger Umschalter
S 2	Kippschalter
T 1	n-Kanal-Feldeffekttransistor BF 245 (TI)
T 2	npn-Si-Planartransistor BC 107 … 169 (S, V, T)
T 3	npn-Si-Planartransistor BC 107 … 169 (S, V, T)



der elektrische Nullpunkt zu kontrollieren und gegebenenfalls mit R 13 nachzustellen. Der Skalenverlauf ist linear. Die Kondensatoren C 1 und C 2 sollen bei dieser hochohmigen Schaltung Störungen vom Wechselstromnetz her verhindern. Deshalb ist es auch unbedingt nötig, daß die Schaltung in einem Blechgehäuse eingebaut wird. Kann das Potentiometer R 13 so eingebaut werden, daß die Befestigungsschraube (bei isolierter Kontaktabnahme) mit dem Gehäuse Verbindung hat, so können R 11 und C 2 entfallen.

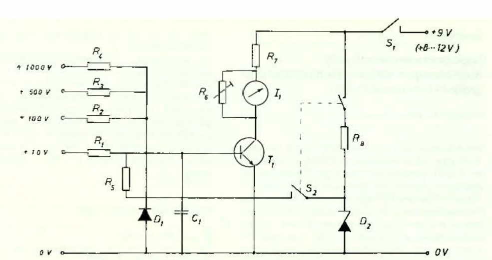
Schaltung 6

Transistor-Voltmeter für hohe Spannungen und mit hohem Eingangswiderstand

Es besteht vielfach die Aufgabe, eine größere Spannung (z. B. am Ladekondensator eines Elektronenblitzgerätes usw.) bei geringstem Stromverbrauch zu messen, ohne daß durch Anlegen des Meßgerätes ein merklicher Meßfehler eintreten würde. Selbst die empfindlichsten Gleichstrominstrumente haben noch einen Stromverbrauch von 10 µA, was aber oft schon zuviel ist. Benutzt man nun einen Transistor zur Stromverstärkung, so kann man mit dem aufzunehmenden Eingangsstrom bis auf 1 µA heruntergehen. Der Transistor muß allerdings ein Si-Typ mit hoher Stromverstärkung und geringstem Reststrom sein; die Forderung bezüglich des Reststromes gilt auch für die Diode D 1. Als Anzeigeinstrument genügt dann eine handelsübliche Ausführung von 50 µA. Die Schaltung hier wurde für einen Eingangsstrom von 1 µA ausgelegt. Das Potentiometer R 6 parallel zum Instrument gleicht die unterschiedliche Stromverstärkung der Transistoren aus. Der Widerstand R 7 ist ein Schutzwiderstand für das Meßinstrument und verhindert dessen Zerstörung bei Kurzschluß im Transistor. Die Meßwiderstände R 1 ... R 4 sollen möglichst eine Toleranz von 1 % haben; die hochohmigen Werte sind Spezialtypen. Die Diode an der Basis des Transistors verhindert dessen Zerstörung bei versehentlich falscher Polung der Meßspannung; der Kondensator C 1 schützt den Transistoreingang gegen eventuell auftretende Störungen vom Wechselspannungsnetz. Die Skala des Instrumentes ist nicht ganz linear. Sie muß mit einer bekannten Span-

Stückliste zu Schaltung 6

D 1	Si-Diode BY 127 (V)
D 2	Z-Diode BZY 85/C5V6 (S, T) bzw. BYZ 88/C5V6 (V)
C 1	Kunstfolienkondensator 0,1 µF/100 V
I 1	Drehspulinstrument 50 µA Vollausschlag
R 1	Kohleschichtwiderstand 10 MΩ/1 %/$^1/_4$ W
R 2	Kohleschichtwiderstand 100 MΩ/1 %/$^1/_4$ W Spezialausführung
R 3	Kohleschichtwiderstand 500 MΩ/1 %/$^1/_4$ W Spezialausführung
R 4	Kohleschichtwiderstand 1000 MΩ/1 %/$^1/_4$ W Spezialausführung
R 5	Kohleschichtwiderstand 6 MΩ/$^1/_4$ W
R 6	Trimmpotentiometer 5 kΩ/$^1/_4$ W
R 7	Kohleschichtwiderstand 4,7 kΩ/$^1/_4$ W
R 8	Kohleschichtwiderstand 560 Ω/$^1/_4$ W
T 1	Si-Planar-Transistor BC 108 C bzw. BC 109 C (S, T, V)
S 1	einpoliger Ausschalter
S 2	Tastenschalter mit 2 Arbeitskontakten



nung – z. B. im 10-V-Bereich mit genau 10 V, die entsprechend geregelt werden kann – eingeeicht werden. Da die Stromverstärkung des Transistors und damit auch der Anzeigewert des Instrumentes temperaturabhängig ist, wurde mit der Z-Diode D 2 eine Eichmöglichkeit geschaffen. Durch Drücken der Taste S 2 wird sowohl die Z-Diode D 2 an Spannung gelegt, wie auch der Eingang des Transistors über R 5 mit der stabilisierten Spannung verbunden. Da bei der erstmaligen Inbetriebnahme mit R 6 bei genau 10 V auf Vollausschlag des Instrumentes I 1 eingestellt wurde, ergibt sich in Stellung „Eichen" (S 2 gedrückt) ein Skalenausschlag am oberen Ende der Skala. Dieser Eichwert wird zweckmäßigerweise auf der Skala vermerkt. Vor dem Messen ist dann nur gegebenenfalls nach Drükken der Taste S 2 zu kontrollieren, ob dieser Eichstrich erreicht wird. Bei Abweichungen wird mit R 6 auf die Eichmarke nachgestellt.

Schaltung 7

Impedanzwandler mit sehr hochohmigem Eingangswiderstand und großem Frequenzbereich

(Tastkopf für Video-Millivoltmeter)

Will man an einem hochohmigen Meßobjekt die Spannung ohne einen wesentlichen Meßfehler feststellen, so muß der Eingangswiderstand des Meßgerätes besonders hochohmig sein. Ein Halbleiterbauelement mit besonders großem Eingangswiderstand stellt nun der Feldeffekttransistor dar. Bei niedrigeren Frequenzen könnte man den Hochohmwiderstand direkt an den Eingang legen, jedoch nicht mehr bei Frequenzen über 1 MHz. Hier wird der Realteil des Widerstandes schon stark frequenzabhängig und sinkt mit steigender Frequenz. Einen Ausweg bietet die Transformation eines relativ niedrigen Widerstandes (R1 = 4,7 MΩ) durch eine Kollektorschaltung. Da R 1 wechselspannungsmäßig über C 2 zwischen die Anschlüsse G und S von T 1 geschaltet ist, liegt hieran nur die sehr geringe Differenzspannung zwischen dem Eingang und dem Source-Anschluß. (Die Verstärkung ist ja fast 1; die Differenzspannung damit sehr klein). Die „Hinauftransformation" des Widerstandes R 1 beträgt etwa den Faktor 20, so daß am Eingang ein Widerstand von 100 MΩ erscheint.

Um die Schaltung relativ niederohmig belasten zu können, wurde noch der zweite Transistor T 2 nachgeschaltet. Dieser wird ebenfalls in Kollektorschaltung betrieben. Soll diese Schaltung bis zu Frequenzen von 5 MHz eingesetzt werden, so muß für T 2 ein Transistor mit einer besonders kleinen Kapazität C_{CB} ausgesucht werden. Bei einer max. Frequenz von nur 1 MHz kann hier ohne eine Änderung in der Wirkungsweise auch ein npn-Transistor der Reihe BC 107 ... 169 genommen werden.

Eigenschaften der Schaltung:

Eingangswiderstand:
100 MΩ reell mit ca. 2 pF Eingangskapazität
Ausgangswiderstand: 100 Ω
Belastung des Ausganges: min 5 kΩ, max. 50 pF
Verstärkung: 0,95fach
Frequenzbereich:
30 Hz ... 5 MHz mit einem Fehler kleiner 2 %
Klirrfaktor:
bis zu Ausgangsspannungen von 1 V: ≦ 0,1 %
bis zu Ausgangsspannungen von 1,5 V: < 0,2 %
Batteriespannung:
9 V (6 ... 12 V) (bei 6 V nur 1 V Ausgangsspannung)

Spannung gemessen
mit 1 RV
(Ri = 100 MΩ)



Stückliste zu Schaltung 7

T 1	Feldeffekttransistor BF 245 (TI)
T 2	npn-Si-HF-Transistor BF 115 (S, T, V)
R 1	Kohleschichtwiderstand 4,7 MΩ/50 mW (Sie)
R 2	Kohleschichtwiderstand 2 MΩ/¼ W
R 3	Kohleschichtwiderstand 4,7 MΩ/¼ W
R 4	Kohleschichtwiderstand 33 kΩ/¼ W
R 5	Kohleschichtwiderstand 1,2 kΩ/¼ W
C 1	Keramikkondensator 1 nF/30 V
C 2	Niedervoltelko (Tantal) 10 µF/15 V
C 3	Niedervoltelko 10 µF/15 V

Schaltung 8

C-R-Phasenschieber-Generator

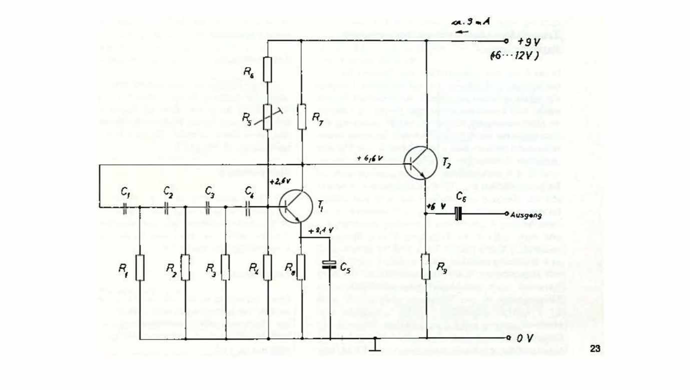
Wenn keine allzugroßen Ansprüche an Genauigkeit der erzeugten Frequenz sowie an die Verzerrungsfreiheit gestellt werden (z.B. als Tongenerator für ein Morseübungsgerät usw.) so kann mit Hilfe eines phasendrehenden Netzwerkes mit Widerständen und Kondensatoren ein einfacher Tonfrequenzgenerator aufgebaut werden. Durch die 4 C-R-Glieder ist es allerdings kaum möglich, einen durchstimmbaren Frequenzbereich zu realisieren. Die sich einstellende Frequenz kann nach der Gleichung

$$f = \frac{1}{7{,}5 \cdot C \cdot R} \text{ [Hz]}$$

berechnet werden. Mit dem Potentiometer R 5 wird die Vorspannung des Transistor T 1 so eingestellt, daß sich ein sicherer Schwingeinsatz auch bei Schwankung der Versorgungsspannung ergibt; die Einstellung ist nicht kritisch. Durch die direkt gekoppelte zweite Transistorstufe T 2 in Kollektorschaltung wird eine Rückwirkungsfreiheit bei Belastung erreicht. Mit der vorgegebenen Dimensionierung ergibt sich eine Frequenz nach obiger Gleichung von 600 Hz. Die Messung durch Vergleich mit einem geeichten Generator ergab 615 Hz, also eine genügende Genauigkeit. Da die Widerstände und Kondensatoren im allgemeinen eine Toleranz von 5 ... 10% haben, ist die erzeugte Frequenz natürlich auch nur innerhalb dieser Toleranz genau.

Stückliste zu Schaltung 8

C 1	Keramikkondensator bzw. Styroflexkondensator 0,1 µF/30 V
C 2	Keramikkondensator bzw. Styroflexkondensator 0,1 µF/30 V
C 3	Keramikkondensator bzw. Styroflexkondensator 0,1 µF/30 V
C 4	Keramikkondensator bzw. Styroflexkondensator 0,1 µF/30 V
C 5	Elektrolytkondensator 50 µF/ 6 V
C 6	Elektrolytkondensator 10 µF/15 V
R 1	Kohleschichtwiderstand 2,2 kΩ/$^1/_8$ W
R 2	Kohleschichtwiderstand 2,2 kΩ/$^1/_8$ W
R 3	Kohleschichtwiderstand 2,2 kΩ/$^1/_8$ W
R 4	Kohleschichtwiderstand 2,2 kΩ/$^1/_8$ W
R 5	Trimmpoti lin 10 kΩ/$^1/_8$ W
R 6	Kohleschichtwiderstand 1 kΩ/$^1/_4$ W
R 7	Kohleschichtwiderstand 1,2 kΩ/$^1/_4$ W
R 8	Kohleschichtwiderstand 1 kΩ/$^1/_4$ W
R 9	Kohleschichtwiderstand 1 kΩ/$^1/_4$ W
T 1	npn-Si-Transistor BC 107 ... 169 (S, T, V, I)
T 2	npn-Si-Transistor BC 107 ... 169 (S, T, V, I)


ca. 9 mA
+9 V
(6···12 V)
R6
R5
R7
+6,6 V
T2
+2,6 V
C1
C2
C3
C4
T1
C6
+6 V
Ausgang
+2,1 V
R1
R2
R3
R4
R8
C5
R9
0 V

Schaltung 9

Transistorschalter in verschiedener Ausführung

In der Elektronik, besonders in der digitalen Technik, besteht häufig das Bedürfnis, mit geringster Leistung ein Relais schalten zu müssen. Als Kriterium ist entweder eine Spannung vorhanden (Signal L) oder sie ist nicht vorhanden (Signal 0). Diese Spannung soll nun möglichst wenig belastet werden, da deren Innenwiderstand oft nicht allzu niederohmig ist. Die hier vorgestellten Schaltungen in verschiedenen Variationen sind für 9 V dimensioniert, arbeiten aber genauso im Bereich zwischen 6 ... 12 V. Zu den beiden Schaltzuständen (Signal 0 und Signal L) soll noch eine nähere Definition gegeben werden: Signal 0 bedeutet für die Teilschaltung A und B eine Spannung zwischen 0 V und max. +0,4 V; für Schaltung C eine Spannung zwischen 0 V und max. +0,8 V und für Schaltung D eine Spannung zwischen 0 V und max. +1,2 V. In diesen angegebenen Spannungsbereichen ist der erste Transistor noch vollkommen gesperrt. (Bei höheren Temperaturen ist pro Transistor noch jeweils etwa 0,1 V weniger anzusetzen.) Signal L bedeutet eine Mindestspannung von 6 V am jeweiligen Eingang. Der Eingangsspannungsbereich zwischen Signal 0 (siehe oben) und der Mindestschaltspannung von 6 V ist „verbotener Bereich", darf also nicht anliegen. Gegebenenfalls ist dann der Schmitt-Trigger (Schaltung 14 oder 15 zu verwenden).

Teilschaltung A:

Bei dieser Schaltung, einer sogenannten Umkehrstufe, liefert der Ausgang Signal 0 (hier 0,2 V, siehe Definition oben), wenn der Eingang Signal L hat. Diese Schaltung kann vor die anderen Stufen geschaltet werden, wenn diese Umkehrfunktion erwünscht ist. (Eingangsstrom ca. 100 µA).

Teilschaltung B:

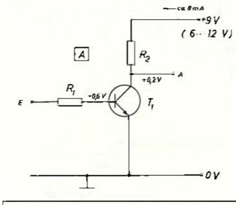
Bei dieser Schaltung zieht das Relais an, wenn am Eingang eine Spannung, also Signal L ansteht. Die Schutzdiode verhindert das Auftreten von Überspannungen beim Abschalten des Relais. Der Eingangsstrom beträgt hier rund 1 mA.

Teilschaltung C:

Diese Schaltung wurde aus der Teilschaltung B entwickelt, hat jedoch noch eine weitere Transistorstufe zur Stromverstärkung davorgeschaltet erhalten. Deshalb ist sie extrem hochohmig; der Steuerstrom beträgt nur ca. 5 µA.

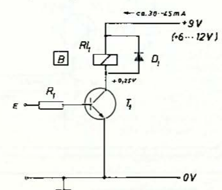
Teilschaltung D:

Hier sind insgesamt 3 Transistoren in Kaskade geschaltet, um einerseits einen geringen Steuerstrom zu erhalten, andererseits eine große Last (max. 2 A) schalten zu können. Soll an Stelle des Lastwiderstandes R 4 (dies kann z. B. auch eine Glühlampe sein) ein Kraftmagnet geschaltet werden, so ist dieser laut Zeichnung an die Stelle x-x zu setzen. Der Steuerstrom beträgt hier weniger als 20 µA.



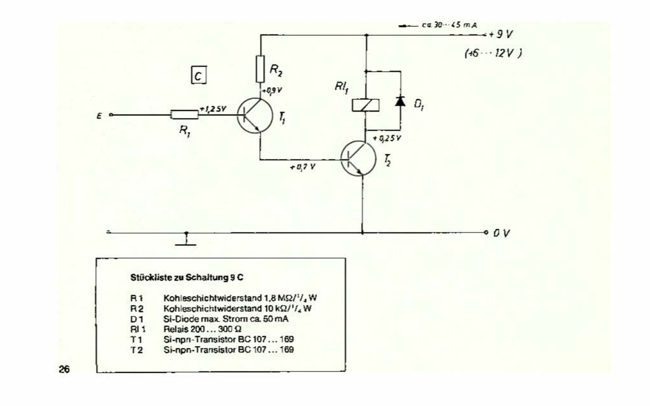
Stückliste zu Schaltung 9 A

R 1	Kohleschichtwiderstand 100 kΩ/¼ W
R 2	Kohleschichtwiderstand 1 kΩ/½ W
T 1	Si-npn-Transistor BC 107 ... 169 (S, T, V)



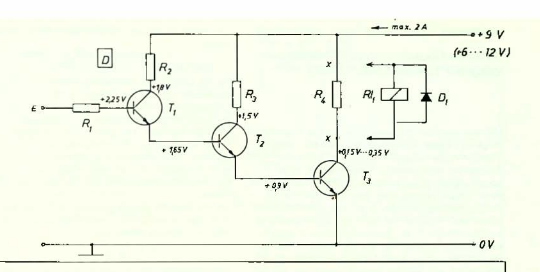
Stückliste zu Schaltung 9 B

R 1	Kohleschichtwiderstand 10 kΩ/¼ W
T 1	Si-npn-Transistor BC 107 ... 169
D 1	Si-Diode max Strom ca. 50 mA
Rl 1	Relais 200 ... 300 Ω



Stückliste zu Schaltung 9 C

R 1	Kohleschichtwiderstand 1,8 MΩ/¼ W
R 2	Kohleschichtwiderstand 10 kΩ/¼ W
D 1	Si-Diode max. Strom ca. 50 mA
Rl 1	Relais 200 ... 300 Ω
T 1	Si-npn-Transistor BC 107 ... 169
T 2	Si-npn-Transistor BC 107 ... 169



Stückliste zu Schaltung 9 D

R 1	Kohleschichtwiderstand 560 kΩ/¼ W
R 2	Kohleschichtwiderstand 4,7 kΩ/¼ W
R 3	Kohleschichtwiderstand 100 Ω/2 W
R 4	Lastwiderstand minimal 5 Ω bzw. Kraftmagnet minimal 5 Ω
D 1	Si-Leistungsdiode max. aufzunehmender Strom 2 A
T 1	Si-npn-Transistor BC 107 ... 169
T 2	Si-npn-Transistor BSY 71, BSX 44, BSX 45 o. ä.
T 3	Si-npn-Leistungstransistor BD 109 (S) auf Kühlblech mit Rth ≦ 50°/W.

Schaltung 10

Astabile Kippschaltung mit Präzisionszeitgeber TDB 0555 (NE/SE 555)

Mit dem Zeitgeber 555 lassen sich astabile Kippschaltungen im weiten Frequenzbereich von ca. 1 mHz bis 1 MHZ, also über einen Bereich von 10^9 realisieren.
Solange der Kondensator C1 ungeladen ist, ist der Anschluß „Ausgang" auf hohem Potential – je nach Laststrom (gegen Masse) etwa gleich der Betriebsspannung (unbelastet) oder bis zu 1,6 V weniger (bei maximalem Laststrom von 100 mA). Erreicht die Spannung am Kondensator $^2/_3$ der Betriebsspannung, so kippt ein Komparator im Schaltkreis und der Ausgang geht auf Massepotential (bei Leerlauf beträgt die Restspannung etwa 50 mV und geht bei maximaler Last von 100 mA bis auf ca. 2 V).
Die Aufladezeit des Kondensators (Ausgang auf hohem Potential) berechnet sich zu: $t_1 = 0{,}7 \cdot (R_1 + R_2) \cdot C$ und die Entladezeit (Ausgang auf niedrigem Potential) zu: $t_2 = 0{,}7 \cdot R_2 \cdot C$.
Die gesamte Periodendauer ergibt sich dann zu:

$$T = t_1 + t_2 = 0{,}7 \cdot (R_1 + 2 \cdot R_2)$$

Der Reziprokwert der Periodendauer ist die Taktfrequenz:

$$f = 1/T = \frac{1{,}43}{(R_1 + 2 \cdot R_2)}$$

Da die Ladung des Kondensators bis zu $^2/_3$ der Betriebsspannung und die Entladung bis zu $^1/_3$ der Betriebsspannung erfolgen, geht die Spannung und damit auch deren Schwankungen nur sehr wenig in die Höhe der erzeugten Frequenz ein. Dies ist ein wesentlicher Vorteil dieses Schaltkreises gegenüber einer astabilen Kippschaltung aus Einzeltransistoren. Da auch die Temperatur nur sehr wenig eingeht, lassen sich also mit dem 555 sehr stabile Rechteckoszillatoren bauen.
Mit der Wahl der beiden Widerstände R_1 und R_2 kann auch das Tastverhältnis in weiten Grenzen eingestellt werden. Dieses berechnet sich zu:

$$T_v = \frac{R_2}{R_1 + 2 \cdot R_2}$$

Hierbei kann der Widerstand R_1 zwischen 1 kΩ und 20 MΩ liegen. Ist R_1 klein gegenüber R_2, so ergibt sich das maximale Tastverhältnis von 0,5; d.h. t_1 und t_2 sind etwa gleich lang und der Ausgang liefert eine symmetrische Rechteckschwingung.
Im anderen Extremfall, wenn R_1 groß gegen R_2 ist, liegt der Ausgang fast immer auf hohem Potential und liefert nur ganz kurze negative Impulse mit einer Anstiegszeit von ca. 0,1 ms.

Eigenschaften der Schaltung:

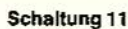
Betriebsspannung: $U_B = 5 \ldots 15$ V
Frequenz: je nach Beschaltung 1 mHz bis ca. 1 MHz

Änderung der Ausgangsspannung mit der Betriebsspannung: 0,1 % · U_B
Max. Laststrom: 100 mA
Anstiegs- und Abfallzeit des Ausgangsimpulses: 100 ns

Anschlußanordnung
TDB 0555 B

Stückliste zu Schaltung 10

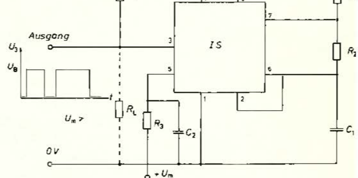
C_1	Kunstfolienkondensator bzw. Tantalelko	1 nF ... 10 uF/16 V (siehe Text) bis 100 uF/16 V (siehe Text)	R_1	Kohleschichtwiderstand	min. 1 kΩ, max. 20 MΩ (siehe Text)/0,25 W
			R_2	Kohleschichtwiderstand	min. 1 kΩ, max. 20 MΩ (siehe Text)/0,25 W
C_2	Kunstfolienkondensator	15 nF/16 V	(bei höheren Anforderungen an Frequenzkonstanz für R_1 und R_2 Metallfilmwiderstände verwenden)		
IS	Präzisionszeitgeber	TDB 0555 (S) oder SE/NE 555 (Intersil)	R_L Lastwiderstand		



Schaltung 11



Pulsfrequenzmodulation mit dem Präzisionszeitgeber TDB 0555 (SE/NE 555)



Wird der Anschluß 5 des TDB 0555 nach Schaltung 10 an eine Modulationsspannung (bis max. etwa 1 V unter der Betriebsspannung) geführt, so kann die Impulslänge und damit die Frequenz stufenlos verändert werden. Eine steigende Spannung an 5 ergibt dabei eine fallende Ausgangsfrequenz. Die Bemessung erfolgt dabei wie nach Schaltung 10. Der Kondensator C_2 kann zwischen 1 nF und ca. 10 nF liegen.

Wird der Anschluß 5 über R_3 (ohne äußere Modulationsspannung) mit 0 V verbunden, so gibt der Schaltkreis kurze positive Impulse mit geringer Verrundung der ansteigenden Flanke ab.

Eigenschaften der Schaltung: Siehe Schaltung 10.
Stückliste: Siehe Schaltung 10.
(R3 = Kohleschichtwiderstand 10 k/0,25 W)

Bistabile Kippstufe (Flip-Flop) mit einstellbarer Triggerschwelle und dem „Fensterdiskriminator“ TCA 965

Eine bistabile Kippstufe (auch Flip-Flop genannt) kann nur zwei stabile Zustände annehmen: Der Ausgang liegt entweder auf hohem oder niedrigem Potential.

Solange die mit R_1 zwischen 2 V und ca. 6 V einstellbare Triggerschwelle $U_{6\ 7\ 14}$ am Eingang (8) nicht überschritten ist, bleibt der Ausgang 2 auf niedrigem Potential. Ist nun die Eingangsspannung auch nur geringfügig höher als die Triggerschwelle, so kippt der Ausgang 2 auf etwa die Betriebsspannung und bleibt dort, auch wenn die Eingangsspannung inzwischen wieder kleiner als die Triggerschwelle geworden ist. Zum Kippen genügt ein sehr kurzer Impuls. Da der Eingangsstrom lt. Datenblatt nur 50 nA beträgt, genügt zum Kippen sogar schon der Ladestrom eines kleinen Kondensators von z. B. 1 nF.

Wird z. B. die Triggerspannung $U_{6\ 7\ 14}$ mit R_1 auf 3 V eingestellt und werden Schaltspannungen von 5 V verwendet, so kippt das Flip-Flop einwandfrei, aber Störspannungen bis zu 3 V können sich nicht auswirken. Besteht die Möglichkeit, daß kurze Störimpulse auf der Eingangsleitung auftreten können, so kann durch Einfügen von C 1 ein Unschädlichmachen dieser Störimpulse erfolgen.

Die Rückstellung des Flip-Flops erfolgt durch einen kurzen ($t_r > 2$ µs) Masseimpuls am Anschluß Reset: U_{ein} muß dann kleiner als $U_{6\ 7\ 14}$ sein. Da die Triggerspannung von der internen Referenzspannung von 6,4 V (Anschluß 10) abgeleitet wird, ändert sich diese und damit auch die Triggerschwelle bei unterschiedlicher Betriebsspannung nicht. Soll die Schaltung bei Betriebsspannungen bis herunter zu 5 V eingesetzt werden, so muß R_1 an die (stabilisierte) Betriebsspannung gelegt werden. Bei Betriebsspannungen über 8 V kann die Referenzspannung U_{10} (max. belastbar mit 10 mA) genommen werden.

Beim Anlegen der Betriebsspannung an die Schaltung ist nicht definiert, welchen Zustand der Ausgang annehmen wird. Durch die Beschaltung des Eingangs- bzw. des Reset-Anschlusses muß dafür gesorgt werden, daß der gewünschte Schaltzustand beim Anlegen der Spannung automatisch eintritt.

Die einstellbare, relativ hohe Triggerschwelle ergibt für diese Schaltung den großen Vorteil, relativ wenig anfällig gegen oft nicht ganz zu vermeidende Störimpulse zu sein.

+ U_B = 10 ⋯ 20 V (5 V)

5 mA

R_3

R_1

Eingang R_4 IS Ausgang

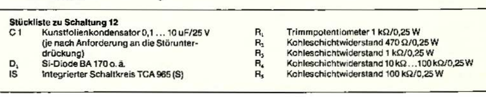
max. 50 mA

R_2

R_5 C_1 D_1

0 V

Reset



Stückliste zu Schaltung 12

C 1	Kunstfolienkondensator 0,1 … 10 uF/25 V (je nach Anforderung an die Störunterdrückung)	R_1	Trimmpotentiometer 1 kΩ/0,25 W
D_1	Si-Diode BA 170 o. ä.	R_2	Kohleschichtwiderstand 470 Ω/0,25 W
IS	Integrierter Schaltkreis TCA 965 (S)	R_3	Kohleschichtwiderstand 1 kΩ/0,25 W
		R_4	Kohleschichtwiderstand 10 kΩ … 100 kΩ/0,25 W
		R_5	Kohleschichtwiderstand 100 kΩ/0,25 W

Monostabile Kippschaltung mit Präzisionszeitgeber TDB 0555 (NE/SE 555)

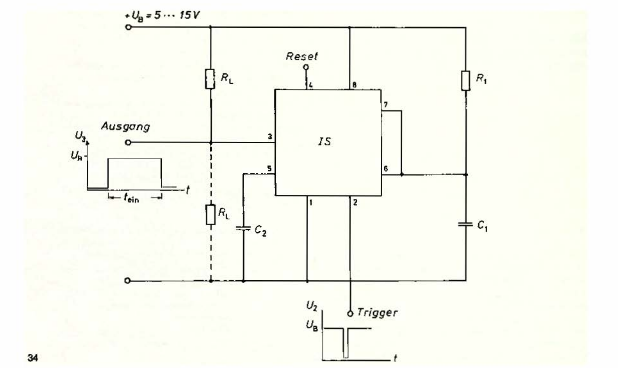
Bei der monostabilen Kippschaltung ist der Ausgang im Ruhezustand auf niedrigem Potential. Wird auf den Triggereingang (Anschluß 2) ein kurzer, negativ gerichteter Impuls gegeben, so geht der Ausgang auf hohes Potential. Die Zeit, in der der Ausgang auf diesem Potential bleibt, hängt von der Beschaltung mit R1 und C1 ab. Diese sog. „Einschaltzeit" (oft auch metastabile Zeit genannt) t_{ein} berechnet sich zu: $T_{ein} = 1{,}1 \cdot R_1 \cdot C_1$. Nach Ablauf der Einschaltzeit geht der Ausgang wieder auf niedriges Potential und bleibt dort solange, bis ein neuer Impuls am Triggereingang eintrifft. Kommen Triggerimpulse während des Ablaufens der Einschaltzeit, so sind diese wirkungslos; diese monostabile Kippschaltung ist also nicht nachtriggerbar.

Soll in einem bestimmten Zustand die Einschaltzeit verringert werden, so kann dies durch einen negativ gerichteten Impuls am Reseteingang geschehen. Wird dies nicht gewünscht, so kann dieser Anschluß 4 auch mit der Betriebsspannung verbunden werden. Der minimale Wert für R_1 beträgt 1 kΩ; der maximale 20 MΩ (bei $U_B = 15$ V, sonst entsprechend weniger).

Eigenschaften der Schaltung:
Betriebsspannung: 5 ... 15 V
Einschaltzeit je nach Beschaltung: (1 nF bis 10 µF und 1 kΩ bis 20 MΩ) ca. 1 µs bis ca. 3 Min.
Anstiegs- und Abfallzeit des Ausgangsimpulses: 100 ns
Wiederholgenauigkeit: 1 %
Max. Laststrom: 100 mA

Stückliste zu Schaltung 13

C1	Kunstfolienkondensator 1 nF ... 10 µF/16 V (siehe Text)
C2	Kunstfolienkondensator 15 nF/16 V
IS	Präzisionszeitgeber TDB 0555 (S) oder SE/NE 555 (intersil)
R1	Kohleschichtwiderstand min. 1 kΩ/max. 20 MΩ/0,25 W (siehe Text)
R_L	Lastwiderstand


+U_B = 5 ··· 15 V
Reset
R_L
R_1
4
8
7
3
IS
Ausgang
U_3
U_B
t
t_ein
5
6
1
2
R_L
C_2
C_1
U_2
Trigger
U_B
t

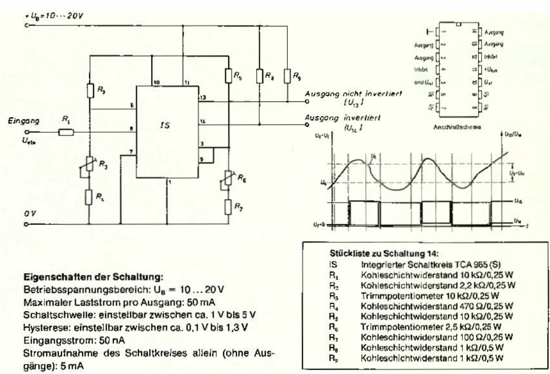
Schaltung 14

Schmitt-Trigger mit Fensterdiskriminator TCA 965 und einstellbarer Schaltschwelle sowie Hysterese

Soll eine langsam ansteigende oder abfallende Spannung bei einem bestimmten Wert eine Schaltfunktion auslösen, so muß zunächst mit einem Schwellwertschalter, z. B. einem Schmitt-Trigger, eine Umformung in steil verlaufende Rechteckspannungen erfolgen. Hierzu eignet sich der Fensterdiskriminator TCA 965 sehr gut, weil mit diesem Schaltkreis unabhängig von einander sowohl die Ansprechschwelle wie auch die Hysterese (Unterschied der Ansprechspannungen zwischen ansteigender und abfallender Spannung) eingestellt werden können. Eine nicht zu kleine Hysterese ist vor allem dann notwendig, wenn die Regelzeitkonstante sehr klein ist. Ohne Hysterese würden dann Regelschwingungen auftreten.

Der integrierte Schaltkreis TCA 965 hat zwei zu einander invers geschaltete Ausgänge. Wenn bei Erreichen der Schaltschwelle der nicht invertierte Ausgang (U_{13}) hohes Potential erhält, geht gleichzeitig der invertierte Ausgang (U_{14}) vom hohen Potential auf 0 V (max. ca. 0,1 V bei I_A = 10 mA). Beide Umschaltvorgänge können zum Ansteuern weiterer Transistorstufen ausgenutzt werden, wie dies in Schaltung 15 gezeigt wird.

Die Widerstandsteiler für die Schaltschwelle (R_2 bis R_4) und für die Hysteresespannung (R_5 bis R_7) werden von der hochgenauen, temperatur- und spannungsunabhängigen Referenzspannung von Punkt 10 versorgt. Deshalb gehen auch die Einflüsse der Umgebungstemperatur sowie von Schwankungen der Betriebsspannung kaum in die Höhe der Schaltschwelle ein. Die Schaltschwelle kann mit R_3 zwischen 1 V und 5 V stufenlos eingestellt werden; die Einstellung der Hysteresespannung zwischen 0,1 V bis 1,3 V erfolgt mit R_6. Ist nun die Eingangsspannung gerade etwas größer als $U_6 + U_9$, d. h. größer als die Schwellenspannung + der Hysteresespannung, geworden, so geht der vorher auf niedrigem Potential liegende Ausgang U_{13} auf hohes Potential; U_{14} verhält sich gerade umgekehrt. Fällt nun die Eingangsspannung wieder bis unter die Schwellenspannung, so wechseln die beiden Ausgänge wieder ihre Schaltzustände. Das im Schaltbild eingetragene Spannungsdiagramm zeigt deutlich das Verhalten zwischen Eingang und Ausgang der Schaltung.



Eigenschaften der Schaltung:
Betriebsspannungsbereich: U_B = 10 … 20 V
Maximaler Laststrom pro Ausgang: 50 mA
Schaltschwelle: einstellbar zwischen ca. 1 V bis 5 V
Hysterese: einstellbar zwischen ca. 0,1 V bis 1,3 V
Eingangsstrom: 50 nA
Stromaufnahme des Schaltkreises allein (ohne Ausgänge): 5 mA

Stückliste zu Schaltung 14:

IS	Integrierter Schaltkreis TCA 965 (S)
R_1	Kohleschichtwiderstand 10 kΩ/0,25 W
R_2	Kohleschichtwiderstand 2,2 kΩ/0,25 W
R_3	Trimmpotentiometer 10 kΩ/0,25 W
R_4	Kohleschichtwiderstand 470 Ω/0,25 W
R_5	Kohleschichtwiderstand 10 kΩ/0,25 W
R_6	Trimmpotentiometer 2,5 kΩ/0,25 W
R_7	Kohleschichtwiderstand 100 Ω/0,25 W
R_8	Kohleschichtwiderstand 1 kΩ/0,5 W
R_9	Kohleschichtwiderstand 1 kΩ/0,5 W

Schmitt-Trigger mit TCA 965 und Leistungsstufe

Da der Schaltkreis TCA 965 nur Ausgangsströme von max. 50 mA liefern kann, muß bei größerem Strombedarf noch eine Transistor-Leistungsstufe nachgeschaltet werden.

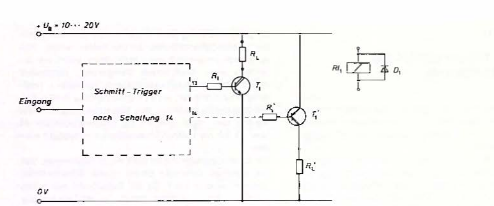
Im Schaltbild sind zwei verschiedene Leistungsstufen und zwar eine npn-Stufe (npn-Darlington) oder (gestrichelt) eine pnp-Stufe (pnp-Darlington) gezeigt. Die Schaltung ist so gezeichnet, daß bei Erreichen der Schaltschwelle von **niedrigeren** Spannungen aus der Leistungstransistor durchschaltet. Wie schon bei der Besprechung der Schaltung 14 ausführlich dargelegt wurde, geht bei Erreichen der Schaltschwelle der Ausgang 13 auf hohes Potential. Das bedeutet, daß der Transistor T_1 Basisstrom bekommt und durchschaltet. Da aber gleichzeitig der Ausgang 14 auf niedriges Potential geht, kann auch der Transistor T_1' Basisstrom erhalten und durchschalten. Selbstverständlich hat es wenig Sinn, beide Transistoren gleichzeitig vorzusehen, wenn dies auch prinzipiell möglich ist. Durch die inverse Schaltfolge der beiden Ausgänge muß also der npn-Transistor an Ausgang 13 und der pnp-Transistor an Ausgang 14, wenn bei steigender Eingangsspannung nach Erreichen der Schaltschwelle die Leistungstransistoren durchschalten sollen. Soll es gerade umgekehrt sein, (z.B. dann, wenn bei Erreichen einer bestimmten Temperatur, dargestellt durch einen temperaturabhängigen Halbleiter – Heißleiter oder Kaltleiter, je nach Einschaltung in den Eingangsspannungsteiler – der Heizstrom abgeschaltet werden soll), dann müssen die Steueranschlüsse 13 bzw. 14 für die Leistungstransistoren vertauscht werden.

Die Leistungstransistoren sind so zu bestimmen, daß der maximal benötigte Strom (siehe Schaltteilliste) geliefert werden kann. Da der Schaltkreis nur relativ geringe Ausgangsströme liefert, ist es zweckmäßig, bei höherem Strombedarf Darlington-Leistungstransistoren vorzusehen. Diese gibt es ja jetzt für praktisch alle vorkommenden Ströme. Soll ein Relais geschaltet werden, so kann dies an Stelle des Lastwiderstandes eingefügt werden, wie rechts oben in der Zeichnung angedeutet wurde.

Selbstverständlich kann ein Ausgangswiderstand (R8 oder R9) in der Schaltung 14 weggelassen werden, wenn der betr. Ausgang nach Schaltung 15 nicht gebraucht wird.

Eigenschaften der Schaltung:

Alles wie bei Schaltung 14, nur größerer Ausgangsstrom möglich – siehe Schaltteilliste.



Stückliste zu Schaltung 15

R_1	Kohleschichtwiderstand 560/0,25 W
R_1'	Kohleschichtwiderstand 1,6 k/0,25 W
Rl_1	Kleinrelais; dimensionieren je nach Strombedarf mit entsprechendem Transistor
D_1	Si-Diode 1 N 4001
T_1	npn-Transistor BC 108 für I_{max} = 0,1 A o. ä. Typ (S)
	npn-Transistor BC 140 für I_{max} = 1 A o. ä. Typ (S)
	npn-Darlington BD 675 für I_{max} = 3 A o. ä. Typ (S)
	npn-Darlington BD 643 für I_{max} = 5 A o. ä. Typ (S)
T_1'	pnp-Transistor BC 178 für I_{max} = 0,1 A o. ä. Typ (S)
	pnp-Transistor BC 160 für I_{max} = 1 A o. ä. Typ (S)
	pnp-Darlington BD 676 für I_{max} = 3 A o. ä. Typ (S)
	pnp-Darlington BD 644 für I_{max} = 5 A o. ä. Typ (S)

Kühlbedingungen für die o. g. Transistoren:
BC 108/178: keine Kühlung notwendig
BC 140/160: kleinen Kühlstern mit $R_{thA} \leqq 60$ K/W
BD 675/676: Kühlkörper mit $R_{thA} \leqq 10$ K/W
BD 643/644: Kühlkörper mit $R_{thA} \leqq 6$ K/W
alles weitere aus Schaltung 14!

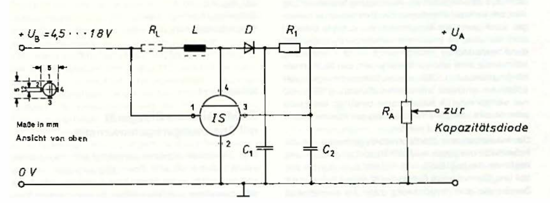
Schaltung 16

Spannungswandler für Abstimmdioden

Für moderne Empfangsgeräte hat sich an Stelle des früher üblichen Drehkondensators durchweg die Verwendung von Kapazitätsdioden durchgesetzt. Das lieferbare Spektrum solcher Kapazitätsdioden erstreckt sich vom Langwellenbereich (mit Kapazitätswerten von ca. 250 pF) bis zum Höchstfrequenzbereich, ca. 1 GHz (mit Kapazitätswerten von wenigen pF).

Stückliste zu Schaltung 16

IS	Spannungswandlerschaltung TCA 720 (ITT)
L	Spule (auf kleinem Ferritkern) L ca. 5 mH; R_L ca. 5 ... 20 Ω
D	Si-Diode 1 N 4148 o. ä.
C_1	Keramikkondensator 47 nF/50 V
C_2	Kunstfolienkondensator 1 µF/35 V
R_1	Kohleschichtwiderstand 1,2 kΩ/0,1 W
R_A	Lastwiderstand max. 100 kΩ/minimal 36 k



Eine Kapazitätsdiode wird prinzipiell in Sperrichtung betrieben, wobei die Kapazität um so kleiner ist, je größer die angelegte Spannung wird. Der fließende Sperrstrom liegt bei ca. 1 ... 10 nA, ist also vernachlässigbar klein (bei 60° C). Die zur Einstellung der Abstimmfrequenz verwendeten Potentiometer können also relativ hochohmig sein. Damit wird auch die Abstimmungsspannungsquelle nur wenig belastet. Die notwendige Abstimmspannung reicht von etwa 1 V (bei max. Kapazität) bis zu ca. 30 V (bei minimaler Kapazität). Während es bei netzbetriebenen Geräten keine Schwierigkeit macht, die notwendige Spannung von 30 V aus der allgemeinen Versorgung abzuleiten, ist dies bei batteriebetriebenen Geräten schon schwieriger. Auch wenn die Abstimmspannung kaum belastet wird, so wäre es doch sehr umständlich, außer der sonst vorhandenen Batterie von 6 ... 12 V Spannung noch extra eine weitere Batterie von ca. 30 V Spannung einzubauen. Mit einem Sperrschwinger, der außer der winzigen Integrierten Schaltung TCA 720 nur wenige externe Bauelemente benötigt, kann eine sehr stabile, temperaturunabhängige Abstimmspannungsquelle aufgebaut werden.

Die Arbeitsfrequenz des Sperrschwingers wird von der Induktivität der Spule und der Versorgungsspannung bestimmt. Sie liegt bei L = 5 mH und U_B = 9 V bei f = 100 kHz. Die maximale Belastung ist etwa 1 mA, was für Zwecke der Abstimmspannung mehr als ausreichend ist. Ganz leerlaufen sollte die Schaltung nicht, da es sonst vorkommen kann, daß sich sprunghaft eine um ca. 10 % höhere Spannung einstellt.

Eigenschaften der Schaltung:
Eingangsspannungsbereich: 4,5 ... 18 V
Ausgangsspannung: 30 ... 35 V (Streubereich)
Laststrom: 0,2 ... 1 mA
Stromaufnahme: (I_A = 1 mA) bei U_B = 4,5 V:
14 mA bis 7,5 mA bei U_B = 18 V
Änderung der Ausgangsspannung
bei U_B = 4,5 ... 9 V bzw. 9 ... 18 V:
$\Delta U_A / U_A = 6 \cdot 10^{-4}$
Temperaturkoeffizient der
Ausgangsspannung (U_B = 9 V; I_A = 1 mA)

$$\frac{\Delta U_A}{U_A \cdot \Delta T_U} = \pm 8 \cdot 10^{-5} \frac{1}{K}$$

Schaltung 17

Elektronisches Blitzgerät mit Spannungsregelautomatik

Eine Elektronenblitzröhre benötigt zur Erzielung eines hellen Lichtblitzes eine Spannung von 300 ... 500 V und kurzzeitig einen Strom von mehreren 100 A. Es wird zwar diese relativ hohe Energie nur in einem Zeit-

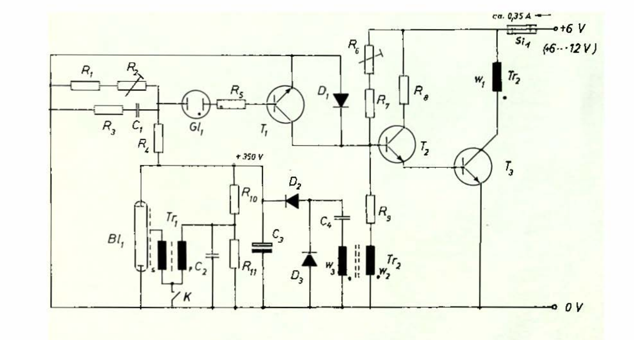
raum von ca. 1/1000 Sekunde umgesetzt, diese muß aber von einem Speicher, dem Blitzkondensator C 3 abgegeben werden. Um einen Akkumulator von wenigen Volt Spannung zum Betrieb des Gerätes verwenden zu können, wird die benötigte Hochspannung durch einen Eintakt-Spannungswandler erzeugt. Hierzu dienen die beiden Transistoren T 2 und T 3. Mit dem Potentiometer R 6 wird eine solche Basisspannung für T 2 eingestellt, daß der aus der Batterie aufgenommene Strom im Einschaltmoment 1 A nicht übersteigt. Bei Betrieb mit nur 6 V kann R 6 auch ganz entfallen. Eine höhere Batteriespannung ermöglicht einen größeren Primärstrom und damit eine kürzere Aufladezeit; die Wirkungsweise des Blitzgerätes ändert sich sonst nicht. Durch den relativ kleinen Kondensator C 4 wird auch dann ein sicheres Anschwingen des Wandlers erzielt, wenn der Blitzkondensator C 3 ganz entladen ist. Die beiden Gleichrichterdioden D 2 und D 3 belasten den Wandler in der Fluß- und Sperrphase und geben damit ein günstiges Ladeverhalten. Hat der Blitzkondensator die gewünschte und mit R 2 einstellbare Spannung erreicht, so zündet die Glimmlampe Gl 1 durch und gibt über R 5 Strom in die Basis von T 1. Dieser schaltet nun durch und legt die Basis des Treibertransistors T 2 an Masse: der Wandler ist damit stillgelegt. Der Kondensator C 1 liefert über R 3 beim Zünden der Glimmlampe einen Stromimpuls – entsprechend der Differenz zwischen Zünd- und Brennspannung der Glimmlampe – zum sicheren Durchschalten von T1. Die Diode D 1 erzwingt am Kollektor von T 1 immer eine positive Spannung, so daß dieser bei Ansteuerung an seiner Basis durchschalten kann. Bei starkem Schwingen des Wandlers kann sonst durch die Gleichrichterwirkung der Basis-Emitterdioden von T 2 und T 3 am Kollektor von T 1 bzw. der damit verbundenen Basis von T 2 eine negative Spannung entstehen.

Erst wenn entweder durch Auslösen eines Blitzes C 3 entladen wird oder die Spannung hieran durch den Strom durch die Glimmlampe bzw. die Widerstände R 10 + R 11 und R 2 + R 4 + R 1 etwas gesunken ist, gibt der Wandler wieder kurze Ladestöße und hält damit die eingestellte Spannung des Blitzkondensators – unabhängig von der Versorgungsspannung – auf der gewünschten Höhe. Durch diese Automatik bleibt die Blitzenergie immer genau gleich, so daß damit auch die richtige Belichtung in jedem Falle gesichert ist. Die Bereitschaft zum Blitzen ist daran zu erkennen, daß die Glimmlampe in kurzen Abständen Lichtimpulse abgibt. Durch die nur sehr kurzen Ladestöße während der Bereitschaft wird aus der Batterie im Mittel nur sehr wenig Strom entnommen, was deren Lebensdauer bzw. der Blitzhäufigkeit pro Batterieladung sehr zugute kommt. Die Auslösung eines Blitzes erfolgt durch Schließen des Kontaktes K. Dieser Kontakt befindet sich in der Kamera; er wurde hier nur zur Vervollständigung der Schaltung mit eingezeichnet. Durch Schließen dieses

Kamerakontaktes K wird der Kondensator C 2 über die Primärwicklung des Zündtransformators Tr 1 entladen, so daß sich an dessen Sekundärwicklung ein Spannungsimpuls von mehreren 1000 V ergibt.
Dieser Zündspannungsimpuls leitet augenblicklich die Entladung der Blitzröhre ein, so daß die im Blitzkondensator C 3 gespeicherte Energie sich nun über die Blitzröhre entladen kann. Die Zuleitung von C 3 zur Blitzröhre muß entsprechend stark (mindestens 2 mm Durchmesser) ausgeführt sein, um den zwar kurzen, aber starken Stromstoß aushalten zu können. Ebenso ist dafür Vorsorge zu tragen, daß die Leitung von der Sekundärseite des Zündtrafos Tr 1 zur Blitzröhre für eine Hochspannung von ca. 10 kV bemessen ist; die Abstände zu anderen Leitungen bzw. zur Masse müssen mindestens 4 mm Luft haben.
Die gemessenen Aufladezeiten zwischen 2 Blitzen betrugen bei einer Batteriespannung von 6 V ca. 45 Sekunden; diese Zeit erniedrigte sich bei 9 V bzw. 12 V auf ca. 10 bis 15 Sekunden.

Stückliste zu Schaltung 17

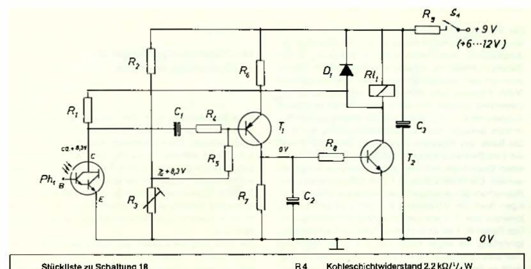
Bl 1	Blitzröhre Typ NG 201 (Hei)
C 1	Keramikkondensator 0,1 µF/250 V
C 2	Keramikkondensator 0,1 µF/250 V
C 3	Elektrolyt-Blitzkondensator 100 µF/360 V
C 4	MP-Kondensator 0,25 µF/500 V
D 1	Ge-Diode OA 81 o. ä.
D 2	Si-Diode (Sperrsp. 500 V) BYY 35, BYY 36, BY 127 o. ä. (I, V)
D 3	Si-Diode (Sperrsp. 500 V) BYY 35, BYY 36, BY 127 o. ä. (I, V)
Gl 1	Glimmlampe Brennspannung 100 V (Miniaturtyp) ohne Vorwiderstand
R 1	Kohleschichtwiderstand 220 kΩ/$^1/_4$ W
R 2	Trimmpoti lin. 1 MΩ/$^1/_4$ W
R 3	Kohleschichtwiderstand 22 kΩ/$^1/_4$ W
R 4	Kohleschichtwiderstand 3,6 MΩ/$^1/_4$ W
R 5	Kohleschichtwiderstand 100 kΩ/$^1/_4$ W
R 6	Trimmpoti lin. 5 kΩ/$^1/_4$ W
R 7	Kohleschichtwiderstand 4,7 kΩ/$^1/_4$ W
R 8	Kohleschichtwiderstand 120 Ω/$^1/_2$ W
R 9	Kohleschichtwiderstand 2,2 kΩ/$^1/_4$ W
R 10	Kohleschichtwiderstand 2,2 MΩ/$^1/_4$ W
R 11	Kohleschichtwiderstand 1,5 MΩ/$^1/_4$ W
Tr 1	Zündtransformator Typ ZS 101 (Hei)
Tr 2	Siferrit-E-Kern 30 mm B 66231-AO 200-K 026 (S) W1 = 44 Wdg. CuL 0,6 mm W2 = 20 Wdg. CuL 0,18 mm W3 = 1350 Wdg. CuL 0,18 mm
T 1	Si-npn-Transistor BC 107 ... 169 (S, T, V, I)
T 2	Si-npn-Transistor BC 140, BSY 71/72, BSX 45 o. ä.
T 3	Si-npn-Transistor BD 106, BD 107, BD 109 o. ä. (I, S) auf Kühlblech von ca. 10 cm^2
Si 1	Schmelzsicherung 2 A flink


ca. 0,35 A
+6 V
Si1
(+6···12 V)
R1
R2
R3
C1
R4
Gl1
R5
T1
D1
R6
R7
R8
w1
Tr2
T2
T3
+350 V
D2
R10
R9
Tr1
Bl1
C2
R11
C3
C4
D3
w3
Tr2
w2
K
0 V

Tochterblitz (Schaltung für Sekundärblitz)

Für manche fotografischen Aufgaben besteht die Notwendigkeit, den aufzunehmenden Gegenstand durch mehrere, von verschiedenen Seiten einwirkende Blitze zu beleuchten. Eine einfache Parallelschaltung mehrerer Blitzgeräte und gemeinsame Auslösung durch den Kamerakontakt ist oft aus vielerlei Gründen (z. B. extra Leitung zum Zweitblitzgerät und damit Einschränkung der Beweglichkeit, notwendig werdender Umbau vorhandener Anschlußstecker usw.) nicht möglich. Eine elegante Möglichkeit bietet die Auslösung eines Zweitblitzes durch den Erstblitz. Hierzu müssen aber einige Voraussetzungen gegeben sein: Die Auslösung des Zweitblitzes muß so schnell erfolgen, daß sie noch in die Kameraverschlußzeit (z. B. 1/100 s = 10 ms) fällt, außerdem darf das Raumlicht nicht versehentlich den Zweitblitz auslösen, sondern nur der Lichtimpuls des Erstblitzes. Die Schaltung darf also nur auf Lichtveränderung, nicht konstantes Licht, ansprechen. Zur Erhöhung der Empfindlichkeit wurde hier ein Fototransistor verwendet, der sogar noch durch eine weitere, integrierte Folgestufe verbessert wurde. Die Wirkungsweise der Schaltung ist wie folgt:

Fällt ein Lichtimpuls auf die lichtempfindliche Fläche des Fototransistors, so erhöht sich dessen Kollektorstrom und seine Kollektorspannung sinkt. Es wird also ein negativer Spannungsimpuls über C 1 und R 4 der Basis des pnp-Transistors T 1 zugeführt. Dieser Transistor schaltet durch und lädt über R 6 den Kondensator C 2. Sobald die Spannung an C 2 größer als etwa 1 V geworden ist, beginnt nun auch T 2 durchzuschalten. Durch dessen Kollektorstrom wird ein Spannungsabfall an der Relaiswicklung hervorgerufen, was als zusätzlicher negativer Impuls über R 1 am Eingang von T 1 wirkt. Durch diese Rückkopplung beschleunigt sich die Durchschaltung der beiden Transistoren. Das Relais Rl 1, das ein in weniger als 1 ms schaltendes Herkonrelais ist, zieht an und entlädt den Kondensator C 3. Da die Aufladung von C 2 einschließlich der Rückkopplungswirkung in wenigen ms erfolgt, die Entladung über R 8 und R 7 aber wesentlich länger dauert, bleibt T 2 so lange durchgeschaltet, bis C 3 über die Relaiswicklung praktisch ganz entladen ist, d. h. der Vorgang dauert einige Zehntelsekunden. Diese Zeit reicht aber völlig aus, um den Zündkontakt eines zweiten Elektronenblitzgerätes zu schließen. Nachdem die Spannung an C 2 unter die Basis-Emitterspannung von T 2 (ca. 0,7 V) gesunken ist, sperrt T 2 und das Relais fällt wieder ab. Eine Nachlieferung von Ladestrom über T 1 kann nicht erfolgen, da dieser ja nur sehr kurzzeitig geöffnet hatte und längst schon wieder gesperrt ist. Nun lädt sich der Kondensator C 3 über R 9 wieder in weniger als 1 s auf; die Schaltung ist betriebsbereit.



Stückliste zu Schaltung 18

C 1	Elektrolytkondensator (Tantal) 1,5 µF/15 V
C 2	Elektrolytkondensator 200 µF/15 V
C 3	Elektrolytkondensator 500 µF/15 V
D 1	Si-Diode (max. Strom ca. 100 mA) BA 145 o. ä.
Ph 1	Foto-Transistor (integr. Schaltung) L 14 B (GE)
R 1	Kohleschichtwiderstand 1 kΩ/¹/₄ W
R 2	Kohleschichtwiderstand 39 kΩ/¹/₄ W
R 3	Trimmpoti lin. 1 MΩ/¹/₈ W
R 4	Kohleschichtwiderstand 2,2 kΩ/¹/₄ W
R 5	Kohleschichtwiderstand 100 kΩ/¹/₄ W
R 6	Kohleschchtwiderstand 56 Ω/¹/₂ W
R 7	Kohleschichtwiderstand 2,7 kΩ/¹/₄ W
R 8	Kohleschichtwiderstand 470 Ω/¹/₄ W
R 9	Kohleschichtwiderstand 470 Ω/¹/₂ W
RL 1	Herkonrelais Type P 501/1.3 (Buh)
T 1	npn-Si-Transistor BC 178, BC 177 o. ä. (S, T)
T 2	npn-Si-Transistor BSX 45, BSY 51 o. ä. (S, I)
S 1	Einpol. Ausschalter

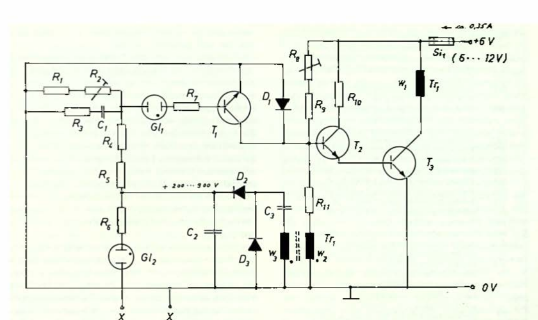
Der Widerstand R 3 wird so eingestellt, daß an R 7 noch keine Spannung nachweisbar ist, d. h. T 1 arbeitet im B-Arbeitspunkt. Damit verbraucht die Schaltung in der Bereitschaftstellung praktisch keinen Strom, wenn man von den wenigen µA durch den Spannungsteiler R 2/R 3 absieht. Eine Batterie wird also sehr lange betriebsfähig bleiben. Die Schaltung arbeitet mit Spannungen von 6 ... 12 V gleich gut; die eingetragenen Potentiale beziehen sich auf die Sollspannung von 9 V. Die Basis des Fototransistors bleibt offen, da ja hier die zum Stromfluß nötigen Ladungsträger nicht durch einen Basisstrom, sondern den Lichtimpuls ausgelöst werden. Die Widerstände R 4 und R 8 begrenzen den Basisstrom des jeweiligen Transistors auf einen zulässigen Wert; der Widerstand R 6 begrenzt den Kollektorstrom von T 1 auf dessen zulässigen Höchstwert. Das Relais Rl 1 ist an sich eine Type für 6 V Betriebsspannung, die sogar schon bei 4 V anspricht. Eine Überlastung ist jedoch auch bei 12 V Batteriespannung nicht zu befürchten, da das Relais ja immer nur sehr kurzzeitig in Betrieb ist. Die im Kondensator C 3 angespeicherte Energie ist ja viel geringer, als die zulässige Dauerenergieaufnahme des Relais. Da die Schaltung eventuell auch durch schnell erfolgende Helligkeitsänderungen (Einschalten von Lampen, Bewegung heller Gegenstände usw.) ausgelöst werden könnte, empfiehlt sich der Einbau eines Schalters in die Batterieleitung.

Schaltung 19

Hochspannungsprüfgerät mit Spannungswandler

Viele Bauelemente (z.B. Transformatoren, Kondensatoren, Leitungen usw.), die bei höherer Spannung (z.B. Netzspannung 220 V) betrieben werden, müssen darauf geprüft werden, ob sie der Beanspruchung auch auf die Dauer gewachsen sind. Dies geschieht im allgemeinen dadurch, daß mit der dreifachen, maximal auftretenden Spannung geprüft wird. Bei 220 V Wechselspannung beträgt die Spitzenspannung 310 V; eine Prüfspannung von ca. 900 V reicht also für die meisten Fälle aus.

Die Schaltung des Eintakt-Spannungswandlers ist dieselbe wie beim elektronischen Blitzgerät, so daß hier auf eine nähere Beschreibung der Wirkungsweise verzichtet werden kann. Entsprechend der hier viel höheren Spannung müssen die Gleichrichterdioden eine höhere Sperrspannung aufweisen; aus demselben Grunde wurden auch die Widerstände R 4 + R 5 auf zwei Exemplare aufgeteilt. Der Kondensator C 2 kann hier sehr klein sein, da ja nur ein minimaler Strom benötigt wird. Bei Werten von 2 MΩ für R 4 + R 5 kann mit R 2 ein Spannungsbereich von 200 V bis 450 V an



C 2 eingestellt werden; bei Erhöhung auf insgesamt 5,7 MΩ reicht der Einstellbereich von R 2 von 450 bis 900 V. Der Prüfling wird an die Klemmen X-X angeschlossen. Bei der Prüfung von Kondensatoren leuchtet die Glimmlampe zunächst auf, um bei guter Isolation des Kondensators nach einiger Zeit zu verlöschen. Es ist aber bei Kondensatoren unbedingt darauf zu achten, daß diese bei Aufladung auf hohe Spannung –

Stückliste zu Schaltung 19

C 1	Keramikkondensator 0,1 μF/250 V
C 2	Metallpapierkondensator 10 ... 50 nF/1000 V
C 3	Metallpapierkondensator 0,25 μF/500 V
D 1	Ge-Diode OA 81 o. ä.
D 2	Si-Diode (Sperrspannung 1000 V) BAY 23 ... 26, BY 127 (I, V)
D 3	Si-Diode (Sperrspannung 1000 V) BAY 23 ... 26, BY 127 (I, V)
Gl 1	Glimmlampe Brennspannung 110 V
Gl 2	(Miniaturtyp ohne Vorwiderstand)
R 1	Kohleschichtwiderstand 220 kΩ/¹/₄ W
R 2	Trimmpoti lin. 1 MΩ/¹/₄ W
R 3	Kohleschichtwiderstand 22 kΩ/¹/₄ W
R 4	Kohleschichtwiderstand 3,5 MΩ/¹/₄ W
R 5	Kohleschichtwiderstand 2,2 MΩ/¹/₄ W
R 6	Kohleschichtwiderstand 1 MΩ/¹/₂ W
R 7	Kohleschichtwiderstand 100 kΩ/¹/₄ W
R 8	Trimmpoti lin. 5 kΩ/¹/₄ W
R 9	Kohleschichtwiderstand 4,7 kΩ/¹/₄ W
R 10	Kohleschichtwiderstand 120 Ω/¹/₂ W
R 11	Kohleschichtwiderstand 2,2 kΩ/¹/₄ W
Si 1	Feinsicherung 2 A flink
Tr 1	Siferrit-E-Kern 30 mm B 66231-AO 200-KO26 (S) w1 = 44 Wdg. CuL 0,6 mm w2 = 20 Wdg. CuL 0,18 mm w3 = 1350 Wdg. CuL 0,18 mm
T 1	Si-npn-Transistor BC 107 ... 169 (S, T, V, I)
T 2	Si-npn-Transistor BC 140, BSY 71/72, BSX 45 o. ä.
T 3	Si-npn-Transistor BD 106, BD 107, BD 109 o. ä. (I, S) auf kleines Kühlblech von ca. 5 cm² montiert

besonders bei großen Kapazitätswerten – unter Umständen sehr gefährlich werden können! Der Kondensator ist also nach erfolgter Prüfung mit einem Widerstand von ca. 100 kΩ, der an beide Anschlüsse des Kondensators gelegt wird, zu entladen. Ein Kurzschließen mit einem metallischen Gegenstand kann für den Bedienenden gefährlich werden, aber auch den Kondensator durch den kurzzeitig fließenden, starken Strom zerstören. Beim Prüfen von Transformatorwicklungen oder Leitungen leuchtet die Glimmlampe infolge der Streukapazität bzw. Leitungskapazität kurz auf, um dann zu erlöschen. Außer bei der schon geschilderten Gefahr durch auf Hochspannung aufgeladene Kondensatoren kann trotz der hohen Spannung keinerlei Gefährdung auftreten, da durch den Hochohmwiderstand R 6 der maximal fließende Strom auf 1 mA begrenzt wird.

Zur Stromersparnis wird in dieser Schaltung der beim Einschalten des Gerätes fließende maximale Strom durch R 8 so eingestellt, daß nicht mehr als 0,5 A fließen. Infolge der kleinen Kapazität von C 2 ist das Gerät in einigen Sekunden betriebsbereit. Da die kurzzeitigen Ladestöße des Wandlers nur einen sehr geringen Energiebedarf decken müssen, ist mit einer sehr langen Betriebsdauer der Batterie zu rechnen.

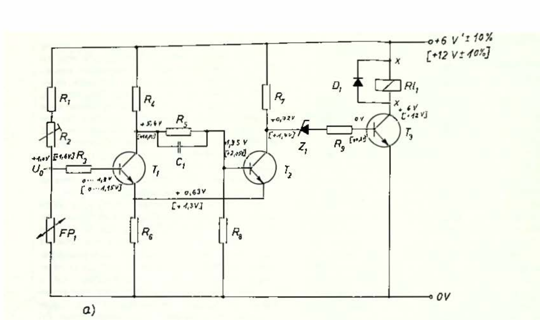
Die Prüfhochspannung an C 2 kann z. B. mit einem hochohmigen Voltmeter nach Schaltung 6 gemessen werden.

Kontrollschaltung für Kraftfahrzeuglampen

Wer nachts mit dem Kraftfahrzeug unterwegs ist, muß häufig die Erfahrung machen, daß bei begegnenden anderen Fahrzeugen eine Scheinwerferlampe oder ein Rücklicht bzw. Bremslicht usw. ausgefallen ist, ohne daß der Fahrer dies unbedingt merken müßte. Es liegt nun nahe, eine Warnschaltung zu entwickeln, die dem Fahrer anzeigt, daß irgend eine Lampe ausgefallen ist. Hierbei muß nicht unbedingt zu ersehen sein, welche Lampe ausgefallen ist; der Fahrer soll nur darauf aufmerksam gemacht werden, daß er sein Fahrzeug kontrollieren muß. Im Gegensatz zu bisher bekannten Anordnungen zeigt die hier vorgestellte Schaltung den erfolgten Ausfall einer Lampe nicht nur während des Ausfallens, sondern dauernd an, auch wenn beim Ausfall (z.B. infolge Erschütterung) die betreffende Lampe gar nicht eingeschaltet war. Fallen beide zugehörigen Lampen eines Paares gleichzeitig aus – was wohl sehr unwahrscheinlich ist – so erfolgt keine Anzeige.

Die Kontrollschaltung geht von dem Gedanken aus, daß alle Lampen an einem Kraftfahrzeug immer paarweise vorhanden sind. Leitet man nun den Strom eines beliebigen Lampenpaares durch je eine Wicklung eines Übertragers und schaltet diese beiden Wicklungen gegensinnig, so ist der resultierende magnetische Fluß stets gleich 0 (siehe Teilschaltung b). Wird im Luftspalt dieses Übertragers ein magnetisch steuerbarer Widerstand, eine sogenannte Feldplatte, angeordnet, so hat diese zunächst ihren Widerstand R_0 ohne Magnetfeld. Fällt nun irgendeine Lampe eines Lampenpaares aus, so bleibt der Magnetfluß, der vom Strom der noch intakten Lampe hervorgerufen wird, bestehen und der Widerstand der Feldplatte erhöht sich. Wird die Feldplatte in einen Spannungsteiler eingefügt, so ergibt diese Widerstandsänderung der Feldplatte eine etwa proportionale Spannungsänderung, mit der man einen Transistorschalter steuern kann.

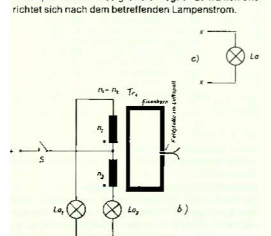
In der ausgeführten Versuchsschaltung (20a) wurde für den Transformator ein Siferrit-E-Kern benutzt, der bei einer magnetischen Erregung von 70 AW eine Spannungsänderung an der Feldplatte von etwa 1:2 ergab. Um mit dieser relativ geringen Spannungsänderung sicher schalten zu können und auch alle zu erwartenden Toleranzen (Spannungsänderungen von ± 10 % und Toleranzen in der Stromaufnahme der einzelnen Lampen) aufzufangen, wurde ein Schmitt-Trigger verwendet. Eine Steigerung der magnetischen Erregung war bei diesem Kern nicht möglich, da bereits bei ca. 50 AW Sättigung auftrat. Bei Anordnung im Luftspalt von anderen magnetischen Materialien (z.B. Dynamoblech), die eine höhere Induktion wie der Ferritkern ermöglichen, lassen sich sicher noch



größere Widerstandsänderungen erreichen. Dann kann auch ein einfacher Transistorschalter, z. B. nach Schaltung 9 verwendet werden.

Die vorliegende Schaltung mit dem Schmitt-Trigger ist gleichermaßen für 6 V oder 12 V geeignet. Bei 6 V Batteriespannung muß die Spannung an der Feldplatte (U_0) mit dem Potentiometer R 2 auf 1,0 V eingestellt werden; bei 12 V Batteriespannung auf 1,6 V. An die

Stelle des Relais Rl 1 kann natürlich auch direkt eine Anzeigelampe (x-x) (Teilschaltung c) eingefügt werden. Es braucht hier wohl nicht näher darauf eingegangen zu werden, daß selbstverständlich für jedes zu überwachende Lampenpaar eine solche Wicklung n 1 + n 2 auf dem Übertrager anzubringen ist, wobei die Zahl „Lampenstrom mal Windungszahl = AW-Zahl" bei allen Wicklungspaaren gleich groß sein muß. Der Drahtquerschnitt ist so groß als möglich zu wählen und richtet sich nach dem betreffenden Lampenstrom.



Stückliste zu Schaltung 20

C 1	Kermaikkondensator 1 nF/30 V
D 1	Si-Diode (beliebiger Typ) Durchlaßstrom = 100 mA (z. B. BAY 21 [I] BAY 41 [S])
FP 1	Feldplatte FP 37 P 50 (S) bzw. FP 20 P 47 (S), je nach Trafoluftspalte bemessen
R 1	Kohleschichtwiderstand 100 Ω/1/4 W
R 2	Trimmpoti lin 250 Ω/1/4 W
R 3	Kohleschichtwiderstand 1 kΩ–1/4 W
R 4	Kohleschichtwiderstand 1 kΩ/1/4 W
R 5	Kohleschichtwiderstand 6,8 kΩ/1/4 W
R 6	Kohleschichtwiderstand 120 Ω/1/4 W
R 7	Kohleschichtwiderstand 1 kΩ/1/4 W
R 8	Kohleschichtwiderstand 3,9 kΩ:1/4 W
R 9	Kohleschichtwiderstand 1 kΩ/1/4 W
Tr 1	Transformator Siferrit-E-Kern 30 mm, Typenbezeichnung B 66231-A0200-K026 (S) n1 = n2: Windungszahl = 70/Lampenstrom (A)
Z 1	Z-Diode Durchbruchspannung ca. 4 V z. B. 1104 (ECO), BZY 83/C 4 V 7 (S, T)
La	Anzeigelampe bemessen nach der Batteriespannung, max. Stromaufnahme ca. 0,1 A
T 1	npn-Si-Transistor BC 107 … 169 (S, T, V, I)
T 2	npn-Si-Transistor BC 107 … 169 (S, T, V, I)
T 3	BSY 71/72, BSX 44/45 o. ä. (S, T, I) npn-Si-Transistor

Nachtwarngerät für Fußgänger (Fotoelektrisches Blinkgerät)

Man hört häufig davon, daß nachts auf den Straßen Fußgänger oder auch Radfahrer von Autos angefahren werden, weil die Kraftfahrer die oft dunkel gekleideten Fußgänger nicht rechtzeitig erkannt hatten. Hier soll die vorliegende Schaltung Abhilfe schaffen. Schon ein geringer Lichtschein, wie er von den Scheinwerfern eines Autos in 80 ... 100 m Entfernung erzeugt wird, genügt, um die Lampe La 1 zum hellen Blinken zu veranlassen. Dieses Blinken ist bestimmt von niemandem zu übersehen, so daß ein wirksamer Schutz für die betreffende Person besteht. Aber auch bei Pannen kann die hier vorgestellte Schaltung als wirksame und lange leuchtende Warnblinklampe eingesetzt werden, da nur dann ein merkbarer Strom aus der Versorgungsstromquelle entnommen wird, wenn durch ein sich nahendes Kraftfahrzeug eine Gefahr entsteht. Erst wenn dessen Scheinwerfer dieses Gerät erreichen, beginnt die Lampe zu blinken. In diesem Falle ist es jedoch im Sinne einer noch besseren Gefahrenwarnung zweckmäßig, eine stärkere Blinklampe zu benutzen. (Es muß dann der Schaltungsteil ab Diode D 3 (gestrichelte Linie) entfallen und durch die Schaltung 9, Teil D mit den Transistoren T 2 und T 3 ersetzt werden. An

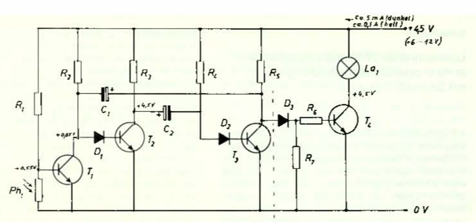
Stückliste zu Schaltung 21

C 1	Elektrolytkondensator 5 µF/15 V
C 2	Elektrolytkondensator 33 µF/15 V
D 1	Si-Diode BA 100, BA 145 o. ä. (S, T, I)
D 2	Si-Diode BA 100, BA 145 o. ä. (S, T, I)
D 3	Si-Diode BA 100, BA 145 o. ä. (S, T, I)
R 1	Kohleschichtwiderstand 270 kΩ/1/4 W
R 2	Kohleschichtwiderstand 2 kΩ/1/4 W
R 3	Kohleschichtwiderstand 1 kΩ/1/4 W
R 4	Kohleschichtwiderstand 22 kΩ/1/4 W
R 5	Kohleschichtwiderstand 1 kΩ/1/4 W
R 6	Kohleschichtwiderstand 120 Ω/1/4 W
R 7	Kohleschichtwiderstand 2,7 kΩ/1/4 W
T 1	Si-npn-Transistor BC 107 ... 169 (S, T, V, I)
T 2	Si-npn-Transistor BC 107 ... 169 (S, T, V, I)
T 3	Si-npn-Transistor BC 107 ... 169 (S, T, V, I)
T 4	Ge-npn-Transistor AC 187 K, auf kleines Kühlblech 30 x 30 mm montiert
Ph 1	Fotowiderstand Typ E 5111 (Hei)
La 1	Kleinglühlampe 3,5 V/0,3 A mit Glaslinse

Stelle des dortigen Widerstandes R 4 tritt eben eine Lampe mit einer maximalen Stromaufnahme von ca. 1,5 A).

Die Schaltung arbeitet folgendermaßen:

Die Transistoren T 2 und T 3 bilden eine astabile Kippschaltung, wobei durch unterschiedliche Kondensatoren C 1 und C 2 ein unsymmetrischer Aufbau erzielt wurde. Hierdurch entstehen kurze Einschaltzeiten



bei längeren Pausen. Der im Mittel aufgenommene Strom beträgt daher auch etwa $^1/_3$ bis $^1/_4$ des Dauerstromes der Lampe. Jedesmal, wenn gerade der Transistor T 3 gesperrt ist, erhält der Transistor T 4 über R 5 + R 6 Spannung an seine Basis und schaltet durch. Die Diode D 3 erhöht die nötige Eingangsspannung von T 4 auf ca. 0,8 V und gibt damit die Gewähr, daß auch unter ungünstigen Umständen bei durchgeschaltetem Transistor T 3 der Transistor T 4 gesperrt ist. Soll an Stelle des vorgeschlagenen Ge-Typs für T 4 ein entsprechender Si-Typ verwendet werden, kann D 3 entfallen. Der Widerstand R 7 leitet den Reststrom ab; bei einem Si-Transistor für T 4 kann dieser Widerstand R 7 ebenfalls weggelassen werden.

Der Multivibrator kann aber nur dann arbeiten, wenn T 1 gesperrt ist. Dies ist solange der Fall, wie der Fotowiderstand Ph 1 beleuchtet und damit niederohmig ist. Bei Dunkelheit wird Ph 1 sehr hochohmig, der Transistor T 1 kann Strom ziehen und schaltet durch. Nun ist das Potential links von D 1 praktisch 0 V, so daß T 2 gesperrt ist. Das bedeutet aber ein dauerndes Durchschalten von T 3 und damit ein Sperren von T 4. (Die eingetragenen Spannungen beziehen sich auf den Zustand „dunkel".)

Schaltung 22

Lichtschranke (Dämmerungsschalter) in Hell- oder Dunkelschaltung mit Schmitt-Trigger

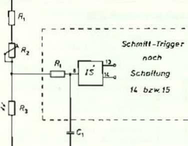
Als lichtempfindliches Element wird hier ein Fotowiderstand verwendet. Dieser ändert seinen Widerstandswert je nach Beleuchtung im Verhältnis 1:1000 oder mehr; eignet sich also sehr gut zur Erzeugung einer lichtabhängigen Spannung zur Steuerung des Schmitt-Triggers. Bei Dunkelheit ist der Fotowiderstand hochohmig, bei Lichteinfall mehr oder weniger niederohmig. Daß Fotowiderstände relativ träge sind, d.h. Frequenzen über ca. 1 kHz nicht verarbeiten können, stört in der hier gezeigten Anwendung keineswegs. Wenn das Kriterium „Ausgang auf hohem Potential" (z.B. zum Schalten eines npn-Leistungstransistors nach Schaltung 15) bei Lichteinfall ausschlaggebend sein soll (Hellschaltung), muß der Ausgang 14 benutzt werden. Bei Lichteinfall wird ja der Fotowiderstand niederohmiger und damit auch die Eingangsspannung. Der Schmitt-Trigger ist also nicht durchgeschaltet und der Ausgang 14 führt hohes Potential. Wird nun der Lichtstrahl unterbrochen oder es wird Nacht, so wird der Fotowiderstand hochohmig, die Eingangsspannung steigt und der Schmitt-Trigger schaltet durch; d.h. Ausgang 13 auf hohes Potential und Ausgang 14 auf niedriges Potential.

Soll die Schaltfunktion umgekehrt sein, so muß am Eingang nichts verändert werden; es werden lediglich die Ausgänge 13 und 14 miteinander vertauscht. Selbstverständlich kann der Fotowiderstand auch in den Spannungsteiler zum positiven Ende hin eingefügt werden, dann ist die Schaltfunktion eben umgekehrt.

Die Schaltung wird folgendermaßen justiert: Der Schmitt-Trigger wird zunächst (mit einer veränderlichen Gleichspannung am Eingang) so eingestellt, daß die Schaltschwelle etwa 4 ... 5 V und die Hysterese ca. 0,5 V betragen. Dann wird der Eingangsspannungsteiler angeschlossen und R_2 so eingestellt, daß bei der gewünschten Helligkeit die Schaltung anspricht. Da die Einstellung des Eingangsspannungsteilers von der Betriebsspannung abhängt, wurde hier eine bestimmte Spannung angegeben; selbstverständlich kann der ganze angegebene Bereich (in Klammern) benutzt werden, nur muß eben die jeweils gewählte Spannung einigermaßen konstant sein, wenn der Schaltpunkt konstant sein soll. Der Kondensator C_1 ist eventuell bei hochohmigen Fotowiderständen erforderlich.

Eigenschaften der Schaltung:

Lichtabhängige Schaltung mit einstellbarer Schaltschwelle.



Stückliste zu Schaltung 22

R_1	Kohleschichtwiderstand 2,2 k/0,25 W
R_2	Trimmpotentiometer 25 k bis 100 k je nach Fotowiderstand/0,25 W
R_3	Fotowiderstand RPY 61/RPY 62/RPY 63 o. ä. (S)
C_1	Kunstfolienkondensator 1 uF/25 V alles weitere siehe Schaltteilliste von Schaltung 14 bzw. 15.

Schaltung 23

Temperaturschutzschaltung mit Fensterdiskriminator TCA 965 und Eigensicherung

Viele Maschinen haben eine verkürzte Lebensdauer, wenn die Temperatur – z.B. infolge Überlastung oder Fehler in der Kühlung – zu hoch wird. Eine Temperaturschutzschaltung nach Schaltung 23 vermeidet dies. Als Temperaturfühler könnte prinzipiell sowohl ein Heißleiter wie auch ein Kaltleiter dienen. Wegen des steileren Verlaufes der Widerstands-Temperaturkurve und wegen des annähernd konstanten Widerstandes bei niedrigen Temperaturen wurde hier ein Kaltleiter gewählt.

Der Fensterdiskriminator-Schaltkreis TCA 965 gibt an seinen Ausgang 13 nur dann niedriges Potential (max. 0,1 V bei 10 mA), wenn die Eingangsspannung an Anschluß 8 innerhalb des sog. „Fensters" liegt. Bei der hier gewählten Dimensionierung liegt dieses Fenster zwischen 1,8 V und 4,2 V. Wenn niedriges Potential an Anschluß 13 liegt, dann ist der interne Transistor durchgeschaltet und das Relais Rl_A kann anziehen und die Maschine M einschalten. Die Fensterspannung wird mit dem Spannungsteiler R_5 bis R_7 eingestellt. Mit dem Spannungsteiler R_8 und R_9 wird am Anschluß 9 eine Hysteresespannung von ca. 30 mV bewirkt. Der

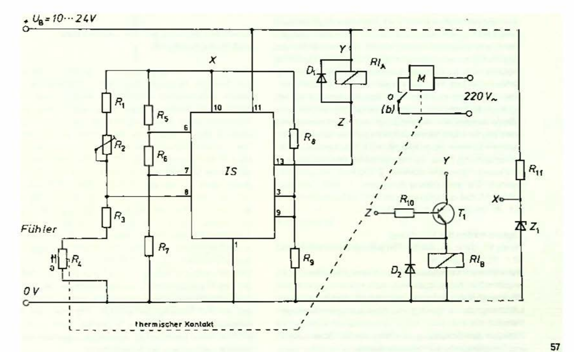
Eingangsspannungsteiler R_2 bis R_4 gibt an Anschluß 8 eine solche Spannung ab, daß diese innerhalb des Fensters liegt. Mit R_2 können dabei Toleranzen des Kaltleiters ausgeglichen werden.

Als Kaltleiter muß hier ein Typ mit einem Widerstand von 1 kΩ bei niedrigen Temperaturen, z. B. der Bezugstemperatur von 25° C, gewählt werden. Bei einer Temperatur von 80 ... 90° C ist der Kaltleiter R_4 so hochohmig geworden, daß die Spannung an 8 über die obere Fenstergrenze steigt. Damit geht der Ausgang 13 auf hohes Potential und das Relais Rl_A fällt ab. Dasselbe passiert auch, wenn die Zuleitung zum an der Maschine befestigten Fühlerwiderstand R_4 bricht. In diesem Falle wird ja auch hoher Widerstand von R_4 wie bei hohen Temperaturen signalisiert. Wird die Fühlerleitung kurzgeschlossen, so sinkt die Spannung an 8 so weit, daß die untere Fenstergrenze unterschritten wird. Auch dann geht der Anschluß 13 auf hohes Potential und das Relais Rl_A fällt ab. Ebenso fällt das Relais bei Unterbrechung der Stromzuführung ab. Diese Schaltung signalisiert also alle möglichen Fehler in der Weise, daß das zu schützende Objekt auf alle Fälle abgeschaltet wird; sie ist also absolut eigensicher.

Da der Schaltkreis nur relativ kleine Ströme (max. 50 mA) liefern kann, muß für Rl_A ein hochohmiges Relais beschafft werden. Sollte dies nicht möglich sein (auch wenn z. B. die Betriebsspannung nicht allzuhoch gewählt werden kann), dann kann das Relais Rl_A durch

Stückliste zu Schaltung 23

D_1	Si-Diode 1 N 4001
D_2	Si-Diode 1 N 4001 bis zu 1 A, sonst stärkerer Typ
R_1	Kohleschichtwiderstand 1,6 kΩ/0,25 W
R_2	Trimmpotentiometer 1 kΩ/0,25 W
R_3	Kohleschichtwiderstand 470 Ω/0,25 W
R_4	Kaltleiter Typ P 350-C 16 (S) oder bei Verwendung der Z-Diode: Typ P 350-D401 (S)
R_5	Kohleschichtwiderstand 2,4 kΩ/0,25 W
R_6	Kohleschichtwiderstand 2,7 kΩ/0,25 W
R_7	Kohleschichtwiderstand 2 kΩ/0,25 W
R_8	Kohleschichtwiderstand 10 kΩ/0,25 W
R_9	Kohleschichtwiderstand 56 Ω/0,25 W
R_{10}	Kohleschichtwiderstand 2,2 kΩ/0,25 W
R_{11}	Drahtwiderstand 68 Ω/4 W (bei U_B = 10 ... 15 V) 130 Ω/4 W (bei U_B = 15 ... 24 V)
Rl_A	Kleinschaltrelais Spulenwiderstand ca. 1200 Ω
Rl_B	Schaltrelais Spannung wie U_B
T_1	pnp-Transistor Dimensionieren nach Spulenstrom von Rl_B – siehe auch bei Schaltung 15
M	Maschine (zu schützendes Objekt)
IS	Fensterdiskriminator TCA 965 (S)
Z_1	Z-Diode ZX 6,2 (ITT)



$U_B = 10 \cdots 24\,V$
X
Y
Rl_A
D_1
M
a
(b)
220 V~
Z
R_1
R_2
R_3
R_4
R_5
R_6
R_7
R_8
R_9
R_{10}
R_{11}
IS
10
11
6
7
8
13
3
9
1
Fühler
ϑ
0 V
Y
Z
T_1
X
Z_1
D_2
Rl_B
thermischer Kontakt

eine Verstärkerstufe mit dem Transistor T_1 ersetzt werden. (Einzuschalten bei Y-Z an Stelle von Rl_A). Je nach dem Strombedarf von Rl_B muß der Transistor ausgewählt und eventuell auch gekühlt werden. Sollte die Beschaffung des hochohmigen Kaltleiters R_4 nicht möglich sein, so kann auch ein anderer, meist um eine Größenordnung niederohmigerer Typ verwendet werden. Allerdings muß dann der Spannungsteiler R_1 bis R_4 auch entsprechend niederohmiger (im selben Verhältnis werden alle Widerstände verringert) dimensioniert werden. Der dann fließende größere Strom kann aber nicht mehr vom Anschluß 10 der inneren Referenzspannung (max. 10 mA) geliefert werden. Es muß in diesem Falle eine stärkere Z-Diode Z_1 vorgesehen werden. Die Verbindung zwischen „X" und dem Anschluß 10 des Schaltkreises ist also aufzutrennen und mit „X" bei der Z-Diode zu verbinden.

Eigenschaften der Schaltung:

Relais Rl_A (bzw. Rl_B) ist bei Temperaturen unterhalb ca. 80 ... 90° C angezogen.

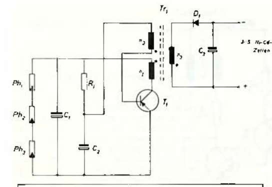
Bei höheren Temperaturen oder bei Fühlerleitungsbruch oder bei Kurzschluß des Fühlers sowie bei Stromausfall der Betriebsspannung ist das Relais abgefallen und die zu schützende Maschine vom Netz getrennt.

Funktion der Schaltung in einem weiten Spannungs- und Temperaturbereich gewährleistet.

Schaltung 24

Ladeschaltung für Ni-Cd-Akkus mit Solarbatterie

Für manche Transistorschaltungen wird nur relativ selten Energie benötigt, die dann üblicherweise aus einem Akkumulator entnommen wird. Sofern keine Möglichkeit besteht, diesen Akkumulator aus einem Stromnetz nach Entladung wieder aufzuladen, ist es zweckmäßig, hierfür eine Solarbatterie vorzusehen. Die Leerlaufspannung einer einzigen Fotozelle beträgt je nach Beleuchtung 200 bis 500 mV. Soll direkt damit eine Batterie geladen werden, so bräuchte man relativ viele Fotozellen für einen Akku von z.B. 6 V oder es kann nur bei sehr hellem Licht geladen werden. Man erhält jedoch ein wesentlich günstigeres Ergebnis, wenn man an die Solarbatterie einen Eintakt-Sperrwandler anschließt. Dieser hat die hier sehr erwünschte Eigenschaft, daß zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung kein festes Verhältnis besteht. Dies ist dadurch bedingt, daß während der Stromflußzeit des Transistors im Schwingübertrager die Energie gespeichert wird, die sich dann während der Sperrzeit an den Verbraucher entlädt. Trotzdem der Wirkungsgrad hier etwa nur 60 % beträgt, kann doch wesentlich mehr Ladeenergie aufgebracht werden als bei direkter Ladung aus der Solarbatterie.



Stückliste zu Schaltung 24

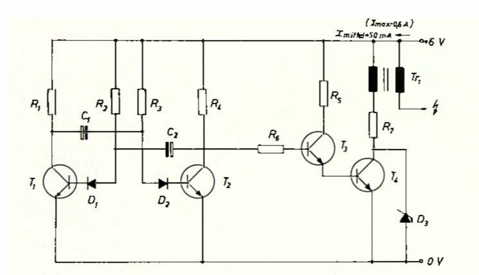
Ph 1	Fotozelle BPY 45 (S)
Ph 2	Fotozelle BPY 45 (S)
Ph 3	Fotozelle BPY 45 (S)
R 1	Kohleschichtwiderstand 4,7 kΩ/¹/₄ W
C 1	Elektrolytkondensator (Tantal) 100 µF/ 6 V
C 2	Elektrolytkondensator (Tantal) 10 µF/ 6 V
C 3	Elektrolytkondensator (Tantal) 10 µF/35 V
T 1	pnp-Ge-Transistor (Schalttr.) ACY 23, ACY 24 o. ä. (S, T)
D 1	Ge-Diode OA 85 o. ä. (Sperrsp. mind. 75 V)
Tr 1	Siferrit-Schalenkern B 65561-A0250-A028 (S) (AL-Wert = 250, Kerndurchm. 28 mm) n1 = 270 Wdg. 0,1 CuL n2 = 60 Wdg. 0,08 CuL n3 = 1000 Wdg. 0,05 CuL

Die Leerlaufspannung beträgt – je nach Beleuchtungsstärke – zwischen 10 V und ca. 30 V, wobei eine Leistung von 1,2 ... 2 mW abgegeben wird. Die abgegebene Leistung ist hierbei bei höherer Spannung des zu ladenden Akkus größer als bei zu niedriger Spannung. Es können aber Akkus von 1,2 ... 12 V geladen werden; je größer die Spannung, um so kleiner wird der Ladestrom. Da die Fotozellen ziemlich bruchempfindlich sind, ist es zweckmäßig, diese in ein Plexiglasgehäuse, wie es oft als Verpackungsmaterial abfällt, einzubauen. Eine Verminderung der abgegebenen Leistung konnte bei Einbau in ein solches Gehäuse nicht beobachtet werden.

Schaltung 25

Elektronischer Weidezaun

Es ist heute allgemein üblich, weidendes Vieh durch elektrisch geladene Zäune in vorgegebenen Weidegebieten zu halten. Hierbei darf natürlich die angewandte Hochspannung nur eine sehr geringe Leistung haben, damit keine Gefährdung eintritt. Auch soll ein solches Gerät möglichst wenig Strom aus der Batterie verbrauchen, um eine lange Betriebszeit zu gewährleisten.



Es wird hier von der bekannten Tatsache Gebrauch gemacht, daß beim Abschalten eines Stromes in einem magnetischen Kreis eine Induktionsspannung entsteht, die durch einen Transformator auf die geforderte Höhe gebracht wird. Als Transformator dient die Zündspule (bzw. Magnetspule), eines Mopedmotors; diese ist sicher überall auch gebraucht zu erhalten.

Die Schaltung besteht aus zwei Teilen: dem Impulserzeuger, einem astabilen Multivibrator und dem Schaltteil, einem Transistorschalter (wie nach Schaltung 9). Der Impulserzeuger wurde hier unsymmetrisch ausgeführt, um kleine Einschaltzeiten bei größeren Pausen zu erhalten. Da nur beim Abschalten des Stromes in der Leistungsstufe ein Spannungsimpuls gewonnen

Stückliste zu Schaltung 25

C 1	Elektrolytkondensator 2 µF/12 V
C 2	Elektrolytkondensator 33 µF/12 V
D 1	Si-Diode BA 100, BA 145 o. ä.
D 2	Si-Diode BA 100, BA 145 o. ä.
D 3	Z-Diode BZY 92 C 33, ZX 33 (Durchbruchspannung ca. 33 V, max. 35 V)
R 1	Kohleschichtwiderstand 1 kΩ/¼ W
R 2	Kohleschichtwiderstand 22 kΩ/¼ W
R 3	Kohleschichtwiderstand 2 kΩ/¼ W
R 4	Kohleschichtwiderstand 1 kΩ/¼ W
R 5	Kohleschichtwiderstand 120 Ω/½ W
R 6	Kohleschichtwiderstand 3,3 kΩ/¼ W
R 7	Drahtwiderstand 10 Ω/2 W
Tr 1	Zündspule (Moped)
T 1	Si-npn-Transistor BC 107 ... 169 (S, T, V, I)
T 2	Si-npn-Transistor BC 107 ... 169 (S, T, V, I)
T 3	Si-npn-Transistor BSY 44, BSY 71, BSX 45 o. ä. (S, T)
T 4	Si-npn-Transistor BD 109, BD 106 (S, I), auf kleines Kühlblech montieren (ca. 30 x 30 mm)

wird, genügt auch eine kurze Einschaltzeit; dies kommt der Stromersparnis zugute. Der Widerstand im Kollektorkreis der letzten Stufe begrenzt den aufgenommenen Strom auf das notwendige Maß. Die Z-Diode parallel zum Endtransistor schützt diesen gegen zu hohe Spannungsspitzen auf der Primärseite des Ausgangstransformators beim Abschalten des Stromes.

Bei unbelastetem Ausgang liefert die Sekundärseite des Transformators kurze Hochspannungsimpulse von etwa 1200 V. Bei Belastung mit 3 kΩ (dies entspricht etwa dem Durchgangswiderstand des menschlichen Körpers) bricht die Spannung auf ca. 40 V zusammen. Bei einer maximalen Stromaufnahme von 0,6 A (bei einer Batteriespannung von 6 V und einem Widerstand R 7 = 10 Ω) ist jedoch infolge der kurzen Einschaltdauer der mittlere, aus der Batterie entnommene Strom nur ca. 50 mA stark. Ein kleiner Akkumulator mit einer Kapazität von z. B. 6 Ah kann also etwa 120 Stunden ununterbrochen in Betrieb sein; das ist sicher eine ausreichend lange Zeit.

Schaltung 26

Sirene (Signalhorn)

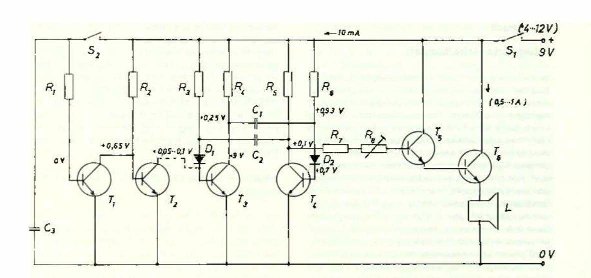
Für manche Zwecke, z.B. die Sirene eines Schiffmodells, als Ersatz für eine Klingel usw., wird ein voll klingender Sirenenton benötigt. Um dies zu erreichen, muß der erzeugte Schall obertonreich sein. Es wurde deshalb ein Eintakt-B-Verstärker mit den in Kaskade geschalteten Transistoren T 5 und T 6 vorgesehen, der durch einen astabilen Multivibrator (T 3 und T 4) angesteuert wird.

Mit dem Potentiometer R 8 wird die Ansteuerung des Endtransistors so eingestellt, daß ein mittlerer Kollektorstrom von 0,5 ... 1 A (gemessen mit einem Gleichstrominstrument in der Kollektorleitung von T 6) fließt. Die Schaltung arbeitet gleich gut bei Betriebsspannungen zwischen 4 ... 12 V; es muß bei unterschiedlicher Spannung nur gegebenenfalls die Ansteuerung der Endstufe mit R8 nachgestellt werden. Die Frequenz beträgt mit C 1 = C 2 = 150 nF etwa 160 Hz (bei 100 nF ca. 240 Hz) und ändert sich etwas mit der Höhe der Betriebsspannung.

Soll die Sirene mit Schalt- oder Relaiskontakten (z.B. S 1) eingeschaltet werden, so entfallen die Transistoren T 1 und T 2 mit den zugehörigen Schaltelementen. Wird eine elektronische Einschaltung mit geringster Steuerleistung gewünscht, so dienen hierzu die beiden Transistoren T 1 und T 2. In diesem Falle bleibt die Be-

Stückliste zu Schaltung 26

C 1, C 2	Keramikkondensator 150 nF/30 V
C 3	Keramikkondensator 100 nF/30 V
L	Lautsprecher 3 W/3 ... 5 Ω
R 1	Kohleschichtwiderstand 100 kΩ/1/4 W
R 2, R 3	Kohleschichtwiderstand 27 kΩ/1/4 W
R 4, R 5	Kohleschichtwiderstand 1 kΩ/1/4 W
R 6	Kohleschichtwiderstand 27 kΩ/1/4 W
R 7	Kohleschichtwiderstand 100 kΩ 1/4 W
R 8	Trimmpotentiometer 1 MΩ/1/4 W lin.
T 1	npn-Si-Transistor BC 107 ... 169 (S, T, V)
T 2	npn-Si-Transistor BC 107 ... 169 (S, T, V)
T 3	npn-Si-Transistor BC 107 ... 169 (S, T, V)
T 4	npn-Si-Transistor BC 107 ... 169 (S, T, V)
T 5	npn-Si-Transistor BC 107 ... 169 (S, T, V)
T 6	npn-Si-Transistor BD 109 (S), BD 107 (I)
D 1	Ge-Diode OA 81 o. ä.
D 2	Ge-Diode OA 81 o. ä.
S 1	einpol. Einschalter Strombelastung > 1 A
S 2	einpol. Einschalter bzw. Relaiskontakt praktisch unbelastet



triebsspannung für die gesamte Schaltung dauernd eingeschaltet. Sobald T 1 über den Schalter S 2 und R 1 einen Basisstrom erhält, schaltet dieser Transistor durch und sperrt damit T 2. Durch den gesperrten Transistor T 2 wird aber nunmehr T 3 und damit der ganze Multivibrator freigegeben. Die in der Schaltung eingetragenen Potentiale beziehen sich auf den ausgeschalteten Fall, d.h., wenn T 1 und als Folge davon T 3 gesperrt sind; dasselbe gilt für den Ruhestrom von ca. 10 mA.

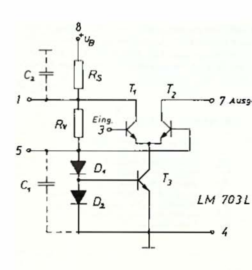
Schaltung 27

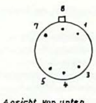
Integrierte Schaltungen

In dem Bestreben nach immer größerer Sicherheit, Kleinheit und Verbilligung elektronischer Schaltungen führt die Entwicklung zur Verwendung sogenannter Integrierter Schaltungen (im folgenden mit I. S. abgekürzt). Diese Schaltungen bestehen in der Technik der Dünnfilm- oder Dickfilmschaltungen aus speziell aus der Dampfphase auf einem Träger (z. B. Keramik) niedergeschlagenen Schichten, die dann als Widerstände oder Kondensatoren mit aufgedampften Leitungszügen sowie eingelöteten Transistoren und Dioden (ohne Gehäuse) zu einer gewünschten Gesamtschaltung zusammengefaßt werden. Zuletzt wird dann das gesamte Gebilde noch mit einem Kunstharz vergossen, so daß ein kleiner, einheitlicher Körper mit genau vorbestimmten Eigenschaften entstanden ist. Eine andere Art von I. S., die sogenannten Monolithe, bestehen nur aus einem Si-Kristall, bei dem durch verschiedene Arbeitsgänge (Diffusionen mit bestimmten Stoffen, Oxydationen und Ätzvorgänge) nacheinander oder auch gleichzeitig aktive und passive Bauelemente entstehen, die dann zusammen einen Schaltkreis mit bestimmten Eigenschaften bilden. Diese Art der I. S. erlaubt noch kleinere Baugruppen zu bilden wie bei der zuerst genannten Art. Im Laufe der Entwicklung wurden so zunächst nur wenige Bauelemente in einer I. S. zusammengefaßt; inzwischen gibt es aber schon I. S., die aus vielen Hunderten von Transistoren, Dioden oder Widerständen bestehen und doch nicht viel größer als etwa ein einzelner Transistor mittlerer Größe sind. Im folgenden sollen nur solche I. S. vorgestellt und in kompletten Schaltungen gezeigt werden, die inzwischen so billig geworden sind, daß der Preis kaum höher als bei einem einzelnen Transistor ist, auf jeden Fall aber geringer als bei Aufbau der Schaltung aus den einzelnen Elementen.

Integrierter Schaltkreis LM 703 L. (Prinzip und Wirkungsweise)

Wie das Schaltbild des „inneren Aufbaues" zeigt, besteht diese I. S. aus 3 Transistoren, 2 Dioden und 2 Widerständen. Elektrisch gesehen, besteht die Schaltung aus einem Transistor in Kollektorschaltung (T 1), der eine weitere Stufe in Basisschaltung (T 2) speist. Der dritte Transistor (T 3) dient nur als gemeinsamer Emitterwiderstand. Da bei I. S. ein Transistor oft einfacher als ein hochohmiger Widerstand herzustellen ist, bedeutet diese scheinbare „Verschwendung" einen großen Vorteil. Ein als Widerstand geschalteter Transistor hat ja einen großen Wechselstromwiderstand bei gleichzeitig kleinem Gleichstromwiderstand und das wird hier gebraucht. Die beiden Dioden D 1 und D 2





bilden die Vorspannung für die Transistoren T 1 und T 2 (hierfür werden beide Dioden gebraucht) bzw. für T 3 (Diode D 2). Der Widerstand Rv sorgt für den richtigen Durchlaßstrom für die Dioden, wobei der Anschlußpunkt 5 (Anode der Diode D 1) noch durch einen außen anzuschließenden Kondensator entkoppelt wird. Durch den Widerstand Rs in Verbindung mit einem weiteren, an Punkt 1 anzuschließenden Kondensator erfolgt die Entkopplung der I. S. von der Stromquelle. Die Einspeisung des zu verstärkenden Signales erfolgt zwischen den Anschlüssen 3 und 5 (5 ist hierbei wechselstrommäßig mit Masse verbunden); der Außenwiderstand liegt zwischen den Anschlüssen 7 und 1. (Hier ist Anschluß 1 wechselstrommäßig mit Masse verbunden.) Diese I. S. wirkt ähnlich wie ein einzelner Transistor, hat aber den großen Vorteil, daß zwischen dem Ausgang 7 und dem Eingang 3 praktisch keine Rückwirkung (ähnlich wie bei einer Pentode) vorhanden ist. Auch bezüglich des Innenwiderstandes ähnelt diese I. S. mehr einer Pentode, da dieser um Größenordnungen höher als bei einem vergleichbaren Einzeltransistor ist. Der Eingangswiderstand ist in ähnlicher Größenordnung wie bei einem Einzeltransistor; die Eingangskapazität etwas kleiner. Für den Anwender einer solchen I. S. an Stelle von Einzeltransistoren ergeben sich besonders bei höheren Frequenzen wesentliche Vorteile: durch den Wegfall von Neutralisierungsschaltungen ergeben sich ein einfacherer Aufbau (Anwen-

dung in HF- bzw. ZF-Verstärkern); außerdem kann man hiermit wesentlich höhere Frequenzen auch in RC-Verstärkerschaltungen realisieren. Im folgenden werden einige Anwendungen mit dieser I. S. LM 703 L gezeigt.

Schaltung 28

Videoverstärker mit I. S. LM 703 L

Der hier aufgebaute Verstärker mit der I. S. LM 703 L liefert bei der Sollspannung von 12 V eine Verstärkung von 20fach. Die gemessene Verstärkung von 20 deckt sich auch sehr gut mit den Herstellerangaben der Steilheit (33 mA/V), da bei einem Außenwiderstand von 620 Ω die rechnerische Verstärkung: $v = S \cdot R_a = 33\ mA/V \cdot 620\ \Omega = 20{,}5$ ist. Es muß jedoch beachtet werden, daß je nach Exemplarstreuung auch mit Steilheitsschwankungen von −20 % (gemessen an 5 Exemplaren) zu rechnen ist. Der Frequenzgang ist zwischen 50 Hz und 5 MHz linear bei einem Fehler kleiner als 5 %. Bei hohen Frequenzen wird der Frequenzgang durch die Belastungskapazität (Eingang eines Röhrenvoltmeters) bestimmt; bei tiefen Frequenzen ist hierfür im wesentlichen die Größe von C 3 zuständig. Die nichtlinearen Verzerrungen (Klirrfaktor) bleiben bis zu einer Ausgangsspannung von 100 mV kleiner als 1 %.

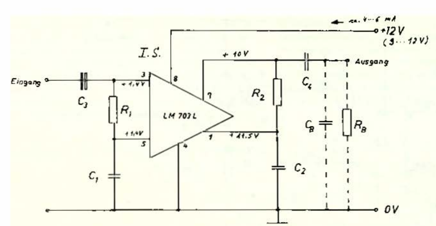
Bei einer Ausgangsspannung von 200 mV ist der Klirrfaktor kleiner als 3 %, bei 500 mV noch kleiner als 6 %. Wird die Batteriespannung von 12 V auf 9 V erniedrigt, so verringert sich infolge Steilheitsverkleinerung auch die Verstärkung um ca. 30 %.

Stückliste zu Schaltung 28

C 1	Keramikkondensator 100 nF/30 V
C 2	Keramikkondensator 100 nF/30 V
C 3	Elektrolytkondensator 33 µF/15 V
C 4	Keramikkondensator 100 nF/30 V
C_B	Belastungskapazität 10 pF
I. S.	integrierter Schaltkreis LM 703 L (NS)
R 1	Kohleschichtwiderstand 620 Ω/¼ W
R 2	Kohleschichtwiderstand 620 Ω/¼ W
R_B	Belastungswiderstand 1,5 MΩ

Kenndaten der Schaltung:

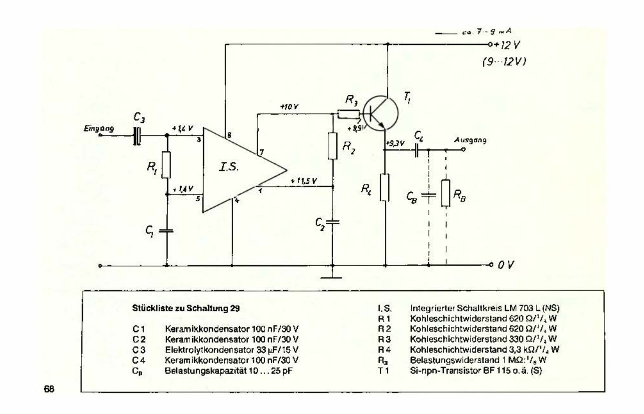
Eingangswiderstand = Ausgangswiderstand: ca. 600 Ω
Spannungsverstärkung 20fach ± 20 % je nach Exemplar der I. S.
max. Ausgangsspannung: ca. 500 mV
Betriebsspannung: max. 12 V; bei kleinerer Spannung geringere Verstärkung



Schaltung 29

Breitbandverstärker mit I. S. LM 703 L und Impedanzwandlerstufe

In Schaltung 28 wurde ein einstufiger RC-Verstärker mit der I. S. LM 703 L gezeigt, der einen Frequenzbereich bis 5 MHz zu verstärken ermöglicht. Soll der Frequenzbereich nach oben erweitert werden, so muß die Auswirkung der Belastungskapazität auf den Außenwiderstand R 2 beseitigt werden. Das kann schaltungsmäßig mit einer Folgestufe in Kollektorschaltung, also einem Impedanzwandler geschehen. Um sehr kleine störende Kapazitäten zu erhalten, empfiehlt es sich, für T 1 einen HF-Transistor, z. B. den Typ BF 115 oder einen ähnlichen Typ, zu verwenden. Wesentlich ist, daß dieser Transistor eine sehr kleine Rückwirkungskapazität (C 1/2) hat. Die Gesamtverstärkung dieser Schaltung gegenüber Schaltung 28 ändert sich praktisch nicht; die Kollektorschaltung hat ja einen Verstär-



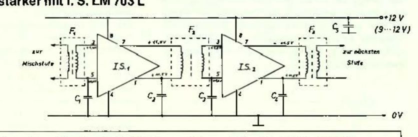
Stückliste zu Schaltung 29

C 1	Keramikkondensator 100 nF/30 V	I. S.	Integrierter Schaltkreis LM 703 L (NS)
C 2	Keramikkondensator 100 nF/30 V	R 1	Kohleschichtwiderstand 620 Ω/¼ W
C 3	Elektrolytkondensator 33 μF/15 V	R 2	Kohleschichtwiderstand 620 Ω/¼ W
C 4	Keramikkondensator 100 nF/30 V	R 3	Kohleschichtwiderstand 330 Ω/¼ W
C_B	Belastungskapazität 10 ... 25 pF	R 4	Kohleschichtwiderstand 3,3 kΩ/¼ W
		R_B	Belastungswiderstand 1 MΩ/⅛ W
		T 1	Si-npn-Transistor BF 115 o. ä. (S)

kungsfaktor sehr nahe an 1. Bis zu Frequenzen von 10 MHz konnte keinerlei Absinken der Verstärkung – bezogen auf die Verstärkung bei tiefen Frequenzen – beobachtet werden. Man kann also diese Schaltung als ZF-Verstärker für 10,7 MHz, aber auch noch für die Video-ZF von 35 MHz einsetzen. Der Kondensator C 4 konnte hier wegen der hochohmigen Belastung relativ klein gehalten werden; bei niederohmigerer Belastung ist er entsprechend (z.B. wie C 3) zu erhöhen; jedoch nicht bei Verwendung als ZF-Verstärker.

Die hier gezeigte Kombination einer I. S. nach dem Typ LM 703 L mit einer Kollektorfolgestufe ist Bestandteil von komplizierten I. S., wie sie für die gesamte Verstärkung von ZF-Verstärkern eingesetzt werden. Ein solcher Typ ist z.B. die I. S. CA 3012 von RCA.

Schaltung 30 ZF-Verstärker mit I. S. LM 703 L



Stückliste zu Schaltung 30	C 1	Keramikkondensator 47 nF/30 V	F 2	ZF-Bandfilter (z.B. für 10,7 MHz) handelsübliche Ausführung
	C 2	Keramikkondensator 47 nF/30 V		
	C 3	Keramikkondensator 47 nF/30 V	F 3	ZF-Bandfilter (z.B. für 10,7 MHz) handelsübliche Ausführung
	C 4	Keramikkondensator 47 nF/30 V		
	C 5	Keramikkondensator 47 nF/30 V	I.S. 1	Integrierter Schaltkreis LM 703 L (NS)
	F 1	ZF-Bandfilter (z.B. für 10,7 MHz) handelsübliche Ausführung	I.S. 2	Integrierter Schaltkreis LM 703 L (NS)

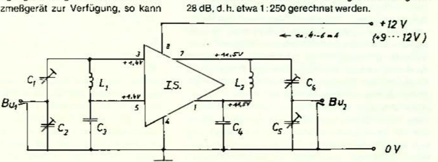
Ein großes Problem beim Aufbau von HF- und ZF-Verstärkern stellt die Stabilität, d.h. die Sicherheit gegen unerwünschtes Schwingen der Verstärkerstufen, dar. Es gehört oft viel Entwicklungsarbeit und auch Erfahrung dazu, einen solchen Verstärker mit Schwingkreisen stabil zu erhalten bzw. die bei jedem Transistor vorhandene Rückwirkung vom Ausgang zum Eingang (dies ist ja der Grund für die Instabilität) durch eine Neutralisationsschaltung aufzuheben. Der große Vorteil der Verwendung der I. S. LM 703 L besteht darin, daß infolge der extrem geringen Rückwirkung keine Neutralisation erforderlich ist. Die sonstigen Eigenschaften sind ähnlich wie bei einem einfachen HF-Transistor. Im Stromlauf wurden hier nur 2 Verstärkerstufen gezeigt, es können aber in gleicher Weise noch mehrere angefügt werden.

Schaltung 31

HF-Verstärker für das UKW-Rundfunkband (ca. 95 MHz) mit der Integrierten Schaltung LM 703 L

Mit dieser I. S. kann auf einfache Art und Weise ein HF-Verstärker für eine Frequenz um 100 MHz (z.B. als Antennenverstärker für das UKW-Band oder auch als Leistungsstufe für das 144-MHz-Band) aufgebaut werden. Das Eingangssignal wird an Bu 1 über ein 50-Ω- bzw. 60-Ω-Koaxialkabel angeschlossen. Das verstärkte Ausgangssignal wird an Bu 2 abgenommen, wobei dieses Koaxialkabel für den Abgleich der Schaltung mit einem entsprechenden Abschlußwiderstand (50 Ω bzw. 60 Ω) versehen wird. Der Abgleich auf die zu verstärkende Frequenz geschieht nun folgendermaßen: Die Trimmerkondensatoren C 1 und C 2 werden zunächst etwa auf Mittelwert gestellt und als erstes die ausgangsseitige Anpassungsschaltung eingestellt. Mit Hilfe des Trimmerkondensators C 5 wird ja der Belastungswiderstand auf den für eine optimale Leistung nötigen Wert transformiert; der Trimmerkondensator C 6 dient zur Resonanzabstimmung des Ausgangsschwingkreises. C 5 ist nun auf max. Ausgangsspannung bzw. bei Vorhandensein eines Leistungsmessers auf maximale Ausgangsleistung einzustellen

und mit C 6 jedesmal auf Resonanz nachzustellen. Die Einstellung dieser beiden Kondensatoren ist solange abwechslungsweise durchzuführen, bis keine Verbesserung mehr zu erzielen ist. Nun wird an der Eingangsseite dasselbe mit den Kondensatoren C 1 und C 2 durchgeführt, wobei wieder die maximale Ausgangsspannung bzw. Ausgangsleistung als Kriterium dient. Steht ein Impedanzmeßgerät zur Verfügung, so kann auch der Eingang der Schaltung so abgeglichen werden, daß möglichst genau der Eingangswiderstand von 50 Ω bzw. 60 Ω erscheint. Als letzte Einstellung sowohl am Eingang wie auch am Ausgang ist immer die Resonanznachstellung durchzuführen, d. h. die Einstellung von C 1 bzw. C 6. Nach Angaben des Herstellers kann bei 100 MHz mit einer Leistungsverstärkung von 28 dB, d. h. etwa 1 : 250 gerechnet werden.



Stückliste zu Schaltung 31	C 1	Trimmerkondensator C_{max} = ca. 8 pF	Bu 2	Koaxialbuchse Wellenwiderstand 50 Ω bzw. 60 Ω
	C 2	Trimmerkondensator C_{max} = ca. 40 pF	L 1	Schwingkreisspule 7 Windungen 1,3 mm Ø (Draht versilb.)
	C 3	Keramikkondensator 1 nF/30 V	L 2	Schwingkreisspule 7 Windungen 1,3 mm Ø (Draht versilb.) beide Spulen auf Dorn 6,4 mm Ø wickeln
	C 4	Keramikkondensator 1 nF/30 V	I.S.	Integrierter Schaltkreis LM 703 L (NS)
	C 5	Trimmerkondensator C_{max} = ca. 40 pF		
	C 6	Trimmerkondensator C_{max} = ca. 8 pF		
	Bu 1	Koaxialbuchse Wellenwiderstand 50 Ω bzw. 60 Ω		

Leistungselektronik
Triac als Leistungsschalter

Während die maximal mögliche Betriebsspannung von Transistoren im Niederspannungsbereich (ca. 25 bis 60 V, in Ausnahmefällen bis etwa 800 V) liegt, erstreckt sich der Arbeitsbereich der sogenannten steuerbaren Gleichrichter (Thyristoren und Triacs) bis zu sehr hohen Spannungen und Strömen, also in den ausgesprochenen Leistungsbereich. Diese steuerbaren Gleichrichter können jedoch nicht wie ein Transistor kontinuierlich durchgesteuert, sondern nur im Schaltbetrieb verwendet werden. Im folgenden sollen einige Schaltungen mit dem Triac (auch Wechselstromthyristor genannt) gezeigt werden, die bei 220 V Wechselspannung, aber auch bei beliebig niedriger Wechselspannung ohne Schaltungsänderung eingesetzt werden können. Es ist auch ein Betrieb bei Gleichspannung beliebiger Polarität möglich, nur muß dann der Triac durch Unterbrechung der Spannung (was bei Wechselstrom automatisch bei jedem Nulldurchgang der Spannung geschieht) wieder „gelöscht" werden.

Die mit einem Triac schaltbare Leistung bzw. der maximal zulässige Strom richten sich nach der Ausführung des betreffenden Bauelementes, wobei besonders die mögliche Wärmeabfuhr eine große Rolle spielt. Die in einem Triac umgesetzte Leistung errechnet sich näherungsweise zu: $P_v = (1{,}5 \ldots 1{,}7)\,V \cdot I_{eff}$

Der Spannungsabfall am Triac ist ziemlich unabhängig vom Typ und beträgt ca. 1,5 ... 1,7 V. Da die maximal zulässige Temperatur begrenzt ist (meistens 120° C) und auch mit einer etwas erhöhten Umgebungstemperatur gerechnet werden muß, kann die notwendige Kühlmaßnahme nach der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$P_v = \frac{T_j - T_{umg}}{R_{thges}} = \frac{120°\,C - 45°\,C}{R_{thges}} = (1{,}5 \ldots 1{,}7) \cdot I_{eff}$$

$$R_{thges} = \frac{75°\,C}{(1{,}5 \ldots 1{,}7) \cdot I_{eff}}\ ;\ R_{thKühlk} = R_{thges} - R_{thTriac}$$

Der aus obigen Bedingungen errechnete Wärmewiderstand der Kühlfläche bzw. des Kühlkörpers dient dann dazu, aus den Listen der Hersteller von Kühlkörpern einen geeigneten Typ auszusuchen. Aus der zur Verfügung stehenden Auswahl von Triac-Typen wählt man also einen geeigneten Typ heraus, der den maximal gewünschten Strom aushält und für die angelegte Spannung (bei 220 V Wechselspannung muß die Spannungsfestigkeit $220 \cdot \sqrt{2} = 310$ V + 20 % Überspannung = 370 V betragen, d. h. ein Typ für mindestens 400 V ist zu nehmen) eine ausreichende Spannungsfestigkeit besitzt. Der zugehörige Kühlkörper errechnet sich dann nach obigen Gleichungen, wobei als maximale Umgebungstemperatur etwa 45° C einzusetzen ist.

Da die Einschaltung eines Triacs im allgemeinen nicht beim Nulldurchgang der Spannung, sondern bei einem bestimmten Wert erfolgt, ergibt sich ein steiler Einschaltspannungssprung und damit auch eine entsprechende Stromänderung. Dies ist aber gleichbedeutend mit dem Auftreten höherer Frequenzteile im Stromimpuls. Um nun eine Störung anderer Verbraucher – besonders von Rundfunk- und Fernsehgeräten – zu vermeiden, ist prinzipiell eine Entstörmaßnahme nötig. Deshalb wurden auch in allen Schaltungen eine Störschutzdrossel Dr und ein zugehöriger Entstörkondensator eingezeichnet. Die Wahl der Drossel richtet sich nach dem maximal fließenden Verbraucherstrom; der geeignete Typ ist aus den Herstellerdaten zu entnehmen. Bei Nullspannungsschaltungen kann auf die Entstörmaßnahme verzichtet werden.

Es soll hier nicht versäumt werden, darauf hinzuweisen, daß die Anode A_2 des Triacs immer mit dem Metallgehäuse verbunden ist. Das bedeutet, daß das Gehäuse des Triacs Netzspannung führt. Sofern nicht eine Isolierscheibe entsprechender Isolierfähigkeit zwischen Triac und Kühlkörper angebracht wird, hat der Kühlkörper Netzspannung! Es ist also die im Umgang mit dem Starkstromnetz übliche Sorgfalt zu üben, um eine Gefährdung der experimentierenden Person auszuschließen.

Schaltung 32

Sensorgesteuerter vollelektronischer Stromstoßschalter

Mit dem Integrierten Schaltkreis U 112 B lassen sich vollelektronische Schalter für die Netzinstallation bauen, die durch einmaliges Berühren einer Sensortaste ein- und genauso auch wieder ausgeschaltet werden. Die Sensortaste muß dabei etwa $^1/_2$ Sekunde berührt werden, dann schaltet der Schaltkreis sicher. Der über den Körper dabei fließende Strom beträgt etwa 25 µA (Millionstel-Ampere) und ist absolut ungefährlich, ja gar nicht einmal wahrnehmbar. Durch das Berühren des Sensors fließt im Schaltkreis ein geringer Strom, der verstärkt wird und einen Ausgangsimpuls von etwa 0,2 A bei einer Impulsdauer von ca. 100 ... 200 ms zum Zünden eines Triacs liefert. Kurz nach dem Nulldurchgang schaltet der Triac jeweils ein und beim nächsten Nulldurchgang der Spannung wieder aus. Es entstehen also nur geringe HF-Störungen, die durch eine LC-Siebung leicht unterdrückt werden können. Beim Anlegen der Netzspannung ist die Vorzugslage „aus", d.h. der Triac bekommt noch keine Zündimpulse. Wurde der Triac dann durch Berühren des Sensors eingeschaltet, so bleibt er auch bei kurzen Netzunterbrechungen bis zu ca. 1 s eingeschaltet. Ist die Netzspan-

nung länger unterbrochen, so stellt sich wieder die Vorzugslage „aus" ein.

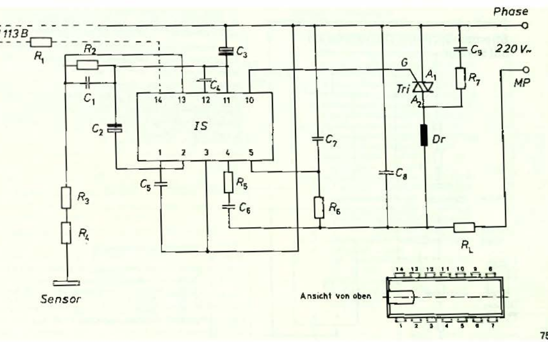
Je nach Art des Triacs lassen sich mit dieser Schaltung rein ohmsche, aber auch induktive Lasten schalten. Das R-C-Glied R_7 mit C_9 dient zum Schutz des Triacs gegen zu steilen Spannungsanstieg; die Drossel Dr dient in Verbindung mit dem Kondensator C_8 zur Unterdrückung der entstehenden HF-Störungen. Da nur relativ wenige Bauelemente Verwendung finden, kann die ganze Schaltung auch in eine Schalterdose an Stelle eines mechanischen Schalters eingebaut werden. Bis zu einer Leistung von 180 W, die für Lampenbetrieb allgemein ausreichend sein dürfte, kann für den Triac ein kleiner Typ in Plastikgehäuse verwendet werden, der nicht einmal gekühlt werden muß. Bei größeren Leistungen muß dann ein stärkerer Triac genommen werden, der auf einen kleinen Kühlkörper gesetzt werden muß. Hier muß dann natürlich darauf geachtet werden, daß der Triac und der Kühlkörper Netzpotential führen; es ist also die nötige Vorsicht walten zu lassen!

Ein weiterer Vorteil dieser elektronischen Schaltung besteht darin, daß durch Hinzufügung der kleinen I.S. U 113 B mit einer einfachen Zweidrahtleitung beliebig viele Fernbedienungen realisiert werden können.

Diese Fernbedienung, wie sie in der nächsten Schaltung Nr. 33 dargestellt ist, wird auch durch einen Sensor in gleicher Weise ausgelöst. Es ist dabei völlig gleichgültig, ob die Sensortaste beim U 112 B oder bei einem beliebigen U 113 B berührt wird. Immer ändert sich der gerade vorhandene Schaltzustand. Damit können sogenannte Wechsel- oder Kreuzschaltungen sehr einfach realisiert werden – es ist zu jeder Schaltstelle nur eine Zweidrahtleitung notwendig!

Stückliste zu Schaltung 32

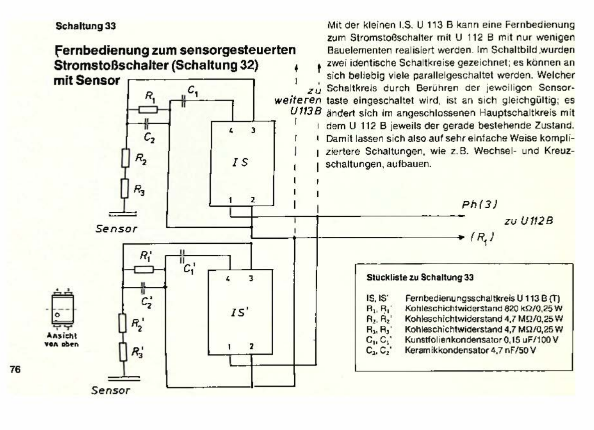
R_1	Kohleschichtwiderstand 120 kΩ/0,25 W
R_1	Kohleschichtwiderstand 470 kΩ/0,25 W
R_3	Kohleschichtwiderstand 4,7 MΩ/0,25 W
R_4	Kohleschichtwiderstand 4,7 MΩ/0,25 W
R_5	Kohleschichtwiderstand 15 kΩ/1 W
R_6	Kohleschichtwiderstand 150 kΩ/0,5 W
R_7	Kohleschichtwiderstand 180 Ω/1 W
R_L	Lastwiderstand, Belastung je nach Triac
C_1	Keramik-Kondensator 4,7 nF/50 V
C_2	Niedervoltelko 1,5 uF/25 V
C_3	Niedervoltelko 15 u/F/25 V
C_4	Kunstfolienkondensator 100 nF/100 V
C_5	Kunstfolienkondensator 22 nF/100 V
C_6	Kunstfolienkondensator 68 nF/250 V ~ (600 V)
C_7	Kunstfolienkondensator 33 nF/100 V
C_8	Kunstfolienkondensator 68 nF/250 V ~ (600 V)
C_9	Kunstfolienkondensator 150 nF/250 V ~ (600 V)
Dr	HF-Drossel ca. 3 mH
IS	Triac-Ansteuerschaltung U 112 B (T)
Tri	Triac (für 500 ... 600 V) TX CO3 A 50 (bis 0,85 A, ungekühlt) (S) TX C02 A 50 (bis 3 A mit Kühlkörper $R_{thJA} \leq 4$ K/W)


Phase
220 V~
MP
1
U 113 B
2
R1
R2
C1
C2
C3
C4
14 13 12 11 10
IS
1 2 3 4 5
C5
R5
C6
C7
R6
C8
G
A1
Tri
A2
C9
R7
Dr
RL
R3
R4
Sensor
Ansicht von oben
14 13 12 11 10 9 8
1 2 3 4 5 6 7

Schaltung 33

Fernbedienung zum sensorgesteuerten Stromstoßschalter (Schaltung 32) mit Sensor

Mit der kleinen I.S. U 113 B kann eine Fernbedienung zum Stromstoßschalter mit U 112 B mit nur wenigen Bauelementen realisiert werden. Im Schaltbild wurden zwei identische Schaltkreise gezeichnet; es können an sich beliebig viele parallelgeschaltet werden. Welcher Schaltkreis durch Berühren der jeweiligen Sensortaste eingeschaltet wird, ist an sich gleichgültig; es ändert sich im angeschlossenen Hauptschaltkreis mit dem U 112 B jeweils der gerade bestehende Zustand. Damit lassen sich also auf sehr einfache Weise kompliziertere Schaltungen, wie z.B. Wechsel- und Kreuzschaltungen, aufbauen.



Stückliste zu Schaltung 33

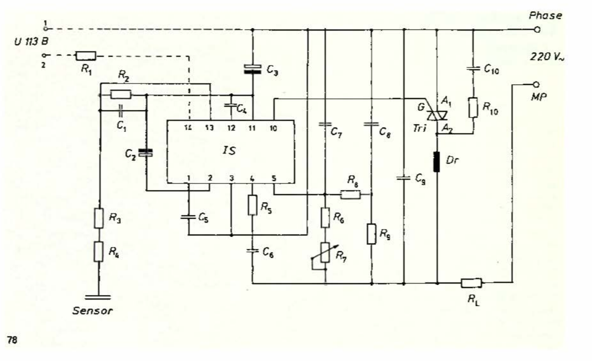
IS, IS'	Fernbedienungsschaltkreis U 113 B (T)
R_1, R_1'	Kohleschichtwiderstand 820 kΩ/0,25 W
R_2, R_2'	Kohleschichtwiderstand 4,7 MΩ/0,25 W
R_3, R_3'	Kohleschichtwiderstand 4,7 MΩ/0,25 W
C_1, C_1'	Kunstfolienkondensator 0,15 uF/100 V
C_2, C_2'	Keramikkondensator 4,7 nF/50 V

Sensorgesteuerter vollelektronischer Stromstoßschalter mit kontinuierlicher Leistungsregelung (Phasenanschnittsteuerung)

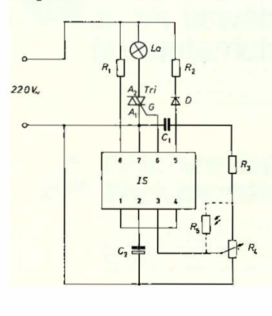
Diese Schaltung entspricht völlig der Schaltung 32 mit der zusätzlichen Möglichkeit, die Leistung stufenlos mit dem Potentiometer R_7 von maximaler Leistung bis fast Null zu regeln. Je größer der Widerstand $R_7 + R_8$ wird, um so später wird die Sinuswelle angeschnitten und um so kleiner wird der Effektivwert der Leistung. Damit die Aufwärts- und die Abwärtsregelung bei gleichem Potentiometerwert etwa gleiche Leistung ergeben, muß die Hysterese klein sein. Hierzu dient ein weiterer Zweig mit R_9/C_8 und R_8. Über diesen Zweig wird der Kondensator C_7 nachgeladen und bewirkt eine vernachlässigbar kleine Hysterese. Im Gegensatz zu anderen Phasenanschnittschaltungen (auch Dimmerschaltungen genannt) kann hier der mit R_7 beliebig klein eingestellte mittlere Leistungswert über die Sensortaste ein- und ausgeschaltet werden. Soll z. B. für ein Krankenzimmer nur eine geringe Beleuchtung eingeschaltet werden, so kann der gewünschte Wert zunächst mit R_7 vorgegeben werden. Dieser Wert wird dann jedesmal beim Einschalten wieder reproduziert.

Stückliste zu Schaltung 34

R_1	Kohleschichtwiderstand 120 kΩ/0,25 W
R_2	Kohleschichtwiderstand 470 kΩ/0,25 W
R_3	Kohleschichtwiderstand 4,7 MΩ/0,25 W
R_4	Kohleschichtwiderstand 4,7 MΩ/0,25 W
R_5	Kohleschichtwiderstand 15 kΩ/1 W
R_6	Kohleschichtwiderstand 150 kΩ/1 W
R_7	Kohleschichtpotentiometer 2,5 MΩ/1 W
R_8	Kohleschichtwiderstand 100 kΩ/0,5 W
R_9	Kohleschichtwiderstand 330 kΩ/0,5 W
R_{10}	Kohleschichtwiderstand 180 Ω/1 W
R_L	Lastwiderstand, Belastung je nach Triac
C_1	Keramik-Kondensator 4,7 nF/50 V
C_2	Niedervoltelko 1,5 uF/25 V
C_3	Niedervoltelko 15 uF/25 V
C_4	Kunstfolienkondensator 100 nF/100 V
C_5	Kunstfolienkondensator 33 nF/100 V
C_6	Kunstfolienkondensator 68 nF/250 V ~ (600 V)
C_7	Kunstfolienkondensator 33 nF/100 V
C_8	Kunstfolienkondensator 150 nF/100 V
C_9	Kunstfolienkondensator 68 nF/250 V ~ (600 V)
C_{10}	Kunstfolienkondensator 150 nF/250 V ~ (600 V)
Dr	HF-Drossel ca. 3 mH
IS	Triac-Ansteuerschaltung U 112 B (T)
Tri	Triac (für 500 … 600 V) TX C03 A 50 (bis 0,85 A ungekühlt) (S) TX C02 A 50 (bis 3 A mit Kühlkörper $R_{thK} \leqq 4$ K/W)


Phase
U 113 B
1
2
R1
R2
C1
C2
C3
C4
14
13
12
11
10
IS
1
2
3
4
5
C5
R5
C6
R3
R4
Sensor
C7
C8
R8
R6
R7
R9
C9
G
A1
A2
Tri
Dr
C10
R10
220 V~
MP
RL

Netzbetriebener Blinkgeber mit einstellbarem Tastverhältnis und lichtgesteuertem Betrieb



Oft wird zur Sicherung eines Objektes, z.B. einer Baustelle, eine Blinklichtanlage gebraucht. Mit der Integrierten Schaltung U 117 B läßt sich eine solche Anlage mit nur wenigen zusätzlichen Bauelementen aufbauen. Der Vorteil dieses Bausteines liegt darin, daß er im Nulldurchgang der Wechselspannung schaltet und nach dem Prinzip der Periodengruppensteuerung arbeitet. Es werden also, mit R_4 einstellbare, mehr oder weniger lange Vollwellenzüge geschaltet. Dies hat den großen Vorteil, daß keine HF-Störungen auftreten und

Stückliste zu Schaltung 35

C_1	Niedervoltelko 250 ... 1000 uF/15 V
C_2	2,2 ... 6,8 uF/10 V (je nach gewünschter Blinkfrequenz)
R_1	Kohleschichtwiderstand 120 kΩ/0,5 W
R_2	Kohleschichtwiderstand 6,8 kΩ/5 W
R_3	Kohleschichtwiderstand 15 kΩ/0,25 W
R_4	Potentiometer 25 kΩ/0,25 W
R_5	Fotowiderstand RPY 63 (S)
La	Glühlampen, Dimensionierung je nach Bedarf bis max. 500 W
IS	Nullspannungsschalter U 117 B (T)
D	Si-Diode 1 N 4004
Tri	Triac TX C03 A 50 (bis ca. 180 W) TX C02 A 50 (bis ca. 500 W)

außerdem die Strom- und Spannungsanstiegsgeschwindigkeit begrenzt sind. Es müssen also weder Maßnahmen zum Schutz des Triacs noch solche gegen HF-Abstrahlung getroffen werden. Hierdurch wird die Schaltung sehr vereinfacht und die Zuverlässigkeit erhöht.

Je nach Dimensionierung von C_2 ergibt sich eine mehr oder weniger hohe Blinkfrequenz. Mit R_4 kann das Tastverhältnis in weiten Grenzen eingestellt werden von kurzen Lichtblitzen bis zu fast Dauerbetrieb.

Soll der Blinkgeber nur bei Dunkelheit arbeiten, so kann noch der Fotowiderstand R_5 eingefügt werden. Bei Beleuchtung wird R_5 niederohmig und verschiebt damit den Potentiometerabgriff mehr in Richtung von R_3. Da die Lichtblitze immer kürzer werden, je mehr R_4 nach oben zu gestellt wird, hört dann bei richtiger Einstellung von R_4 ab einer bestimmten Beleuchtung das Blinken auf. Wird R_5 verdunkelt, beginnt wieder die Leuchtfolge. Selbstverständlich muß R_5 davor geschützt werden, daß die Lampe La direkt daraufstrahlt.

ISBN 3-7724-0289-5

	1. Ziffer	2. Ziffer	Nullen
schwarz =	0	0	
braun =	1	1	0
rot =	2	2	00
orange =	3	3	000
gelb =	4	4	0 000
grün =	5	5	00 000
blau =	6	6	000 000
violett =	7	7	0 000 000
grau =	8	8	0,01
weiß =	9	9	0,1

Die zwei ersten Punkte sind die beiden ersten Zahlen des Wertes, der dritte Punkt gibt die Zahl der Nullen an.

Genauigkeit:	
allgemein	20%
silberner Punkt	10%
goldener Punkt	5%

Die Werte der Widerstände nach dem internationalen Farbencode Reihe E 12

5,6 Ω	grün blau weiß	2,7 kΩ	rot violett rot
6,8 Ω	blau grau weiß	3,3 kΩ	orange orange rot
8,2 Ω	grau rot weiß	3,9 kΩ	orange weiß rot
10 Ω	braun schwarz schwarz	4,7 kΩ	gelb violett rot
12 Ω	braun rot schwarz	5,6 kΩ	grün blau rot
15 Ω	braun grün schwarz	6,8 kΩ	blau grau rot
18 Ω	braun grau schwarz	8,2 kΩ	grau rot rot
22 Ω	rot rot schwarz	10 kΩ	braun schwarz orange
27 Ω	rot violett schwarz	12 kΩ	braun rot orange
33 Ω	orange orange schwarz	15 kΩ	braun grün orange
39 Ω	orange weiß schwarz	18 kΩ	braun grau orange
47 Ω	gelb violett schwarz	22 kΩ	rot rot orange
56 Ω	grün blau schwarz	27 kΩ	rot violett orange
68 Ω	blau grau schwarz	33 kΩ	orange orange orange
82 Ω	grau rot schwarz	39 kΩ	orange weiß orange
100 Ω	braun schwarz braun	47 kΩ	gelb violett orange
120 Ω	braun rot braun	56 kΩ	grün blau orange
150 Ω	braun grün braun	68 kΩ	blau grau orange
180 Ω	braun grau braun	82 kΩ	grau rot orange
220 Ω	rot rot braun	100 kΩ	braun schwarz gelb
270 Ω	rot violett braun	120 kΩ	braun rot gelb
330 Ω	orange orange braun	150 kΩ	braun grün gelb
390 Ω	orange weiß braun	180 kΩ	braun grau gelb
470 Ω	gelb violett braun	220 kΩ	rot rot gelb
560 Ω	grün blau braun	270 kΩ	rot violett gel
680 Ω	blau grau braun	330 kΩ	orange orang
820 Ω	grau rot braun	390 kΩ	orange weiß
1 kΩ	braun schwarz rot	470 kΩ	gelb violett ge
1,2 kΩ	braun rot rot	560 kΩ	grün blau gel
1,5 kΩ	braun grün rot	680 kΩ	blau grau gel
1,8 kΩ	braun grau rot	820 kΩ	grau rot gelb
2,2 kΩ	rot rot rot	1 MΩ	braun schwar